

УДК 631.58.004.11:631.8(084.3-35) (575.1)
AGRIS U30

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКОГО МЕТОДА
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ В ПОЧВАХ
С РАЗНЫМИ СТЕПЕНЯМИ ЗАСОЛЕННОСТИ**

- ©*Урунбоев С. К.,* Ташкентский институт инженеров ирригации
и механизации сельского хозяйства, г. Ташкент, Узбекистан
- ©*Курбанов Б. И.,* канд. физ.-мат. наук, Институт ядерной физики Академии наук
Республики Узбекистан, г. Ташкент, Узбекистан
- ©*Шеров А. Г.,* Ташкентский институт инженеров ирригации
и механизации сельского хозяйства, г. Ташкент, Узбекистан
- ©*Курбанов У. Т.,* канд. физ.-мат. наук, Институт ядерной физики Академии наук
Республики Узбекистан, г. Ташкент, Узбекистан
- ©*Ирисматова А. И.,* Ташкентский институт инженеров ирригации
и механизации сельского хозяйства, г. Ташкент, Узбекистан

**THE USE OF NUCLEAR-PHYSICAL METHODS FOR STUDYING WATER
DISTRIBUTION IN SOILS WITH DIFFERENT DEGREES OF SALINITY**

- ©*Urunboev S.,* Tashkent Institute of Engineers of Irrigation
and Mechanization of Agriculture, Tashkent, Uzbekistan
- ©*Kurbanov B.,* Ph.D., Institute of Nuclear Physics of Academy Sciences
of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan
- ©*Sherov A.,* Tashkent Institute of Engineers of Irrigation
and Mechanization of Agriculture, Tashkent, Uzbekistan
- ©*Kurbanov U.,* Ph.D., Institute of Nuclear Physics of Academy Sciences
of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan
- ©*Irismatova A.,* Tashkent Institute of Engineers of Irrigation
and Mechanization of Agriculture, Tashkent, Uzbekistan

Аннотация. В статье приводятся результаты экспериментальных работ по изучению закономерности распространения воды в активном слое почвы, разными степенями засоленности, с применением ядерно-физических методов и приборов измерения. В лабораторных условиях Института ядерной физики АН Республики Узбекистан проведены эксперименты по изучению динамики поглощения воды со стабильными и радиоактивными изотопами. Получена диаграмма распределения воды при разных степенях засоленности почвы.

Abstract. The following work gives some results of the research which was performed on natural regularity distribution of water in an active layer of soil with different levels of salinity by using nuclear-physical methods and other measuring instruments. In the laboratory of the Institute of Nuclear Physics of Academy Sciences of the Republic of Uzbekistan experiments of studying dynamics of water absorption with stable radioactive isotopes carried out. The diagram of water distribution in different levels of salinity was obtained.

Ключевые слова: сельскохозяйственное производство, распределение воды, почва, орошение.

Keywords: agricultural production, water distribution, soil, irrigation.

Степень развития культуры ведения сельскохозяйственного производства в каждой стране зависит от формы и эффективности применяемой системы орошения. Разумное использование имеющихся природных ресурсов, в частности водными ресурсами, является основной задачей при производстве сельскохозяйственных продуктов.

Сложившиеся в последние годы условия в странах Средней Азии в результате катастрофы Аральского моря, ставит перед специалистами аграрной отрасли задачу научно-обоснованного подхода и разработки оптимальных и эффективных методов возделывание почвы. Необходима реальная оценка существующей системы «почва-вода-климат» в регионе. Используя этот подход, становится возможным удовлетворение потребности населения в продовольственных продуктах и здорового образа жизни на требуемом уровне.

С этой целью ученые и специалисты Института ядерной физики Академии Наук Республики Узбекистан и Ташкентского института ирригации и мелиорации совместно проводят научные исследования, посвященные изучению закономерности распределения воды в активном слое почвы используя существующие методы орошения (традиционное, дождевое орошение и капельное орошение) и применяя ядерно-физические методы элементного анализа.

В данной работе применены ядерно-физические методы анализа состава вещества, в частности нейтронно-активационный метод анализа и гамма-спектрометрические приборы на основе полупроводниковых и сцинтилляционных детекторов. В качестве нейтронного источника для облучения образцов почвы из опытных полей использован уникальный по своим конструкциям и возможностям Ядерный реактор типа ВВР-СМ Института ядерной физики Академии Наук Республики Узбекистан.

Все химические элементы, с которыми мы встречаемся в природе, представляют смесь нескольких изотопов. Изотопы делятся на стабильные и радиоактивные. Использование изотопов раскрывает чрезвычайно широкие возможности перед исследователями, работающими в самых разных областях науки, в том числе и в сельскохозяйственных.

Краткий обзор наиболее простых исследований, проведенных с помощью радиоактивных изотопов, приводятся в работах [1-3]. Авторы отразили в них открытия в области физиологии растений и агрохимии, которые удалось сделать с помощью наиболее удобных для исследовательских целей радиоактивных изотопов химических элементов. К их числу относится определение скорости передвижения питательных элементов по сосудам растений, скорости поглощения их корнями из почвы, влияния окружающих условий среды на эти процессы. Рассмотрены вопросы внесения фосфорных и азотных удобрений, а также лучшие сроки их внесения.

Получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур возможно при оптимизации процессов питания растений. Для изучения этих процессов часто используются радиоактивные изотопы наиболее важных питательных элементов: фосфора (^{32}P), углерода (^{14}C), кальция (^{45}Ca), калия (K^{40}). Физические характеристики этих радиоизотопов (достаточно долгий период полураспада, удобные для регистрации тип и энергия излучения) позволяют проводить наблюдения за их поступлением из почвы и удобрений в различные сельскохозяйственные культуры, выяснять наилучшие сроки и формы внесения удобрений. Исследования скорости обновления белковых веществ в растениях, выполненные при помощи метода меченых атомов, вскрыли ряд фактов, заставляющих по-новому оценить значение подкормок во время вегетации для получения высокого урожая и направленного изменения химического состава и качества урожая сельскохозяйственных культур.

Изотопный метод был с успехом применен для изучения обменных реакций в почвах и для разработки новой методики определения обменной поглотительной способности почв, методики определения поглощенного кальция в карбонатных почвах.

Для обеспечения нормальной жизнедеятельности биологических организмов необходимы микроэлементы, которые в основном потребляются растениями из почвы. Дефицит микроэлементов ограничивает рост и развитие растений, вызывает болезни. Роль микроэлементов (кобальта, цинка) в обмене веществ была выяснена с помощью метода радиоактивной метки (^{60}Co , ^{65}Zn) [5].

Методы работы с применением радиоактивных индикаторов изложены в работах ряда авторов [4, 6, 7]. Физические основы применения радиоактивных и стабильных изотопов в качестве индикаторов описаны в учебнике Б. Н. Анненкова, Е. В. Юдинцевой «Основы сельскохозяйственной радиологии», А. Д. Фокина, А. А. Лурье, С. П. Торшина «Сельскохозяйственная радиология» [1, 8].

Радиоизотопы применяют в биологических, медицинских исследованиях, горно-металлургических, аграрных и других отраслях науки, техники и промышленности. Радиоактивные изотопы и ядерно-физические методы измерения также представляет большой интерес в исследованиях свойств почвы и водных ресурсов как инструмент и метод для исследования.

Изучение ядерно-физических параметров радиоактивных изотопов и выбор изотопов для применения в исследованиях

К ядерно-физическим параметрам изотопов относятся — атомная масса, вид радиоактивности (альфа-, бета-, гамма- и др. виды радиоактивности), период полураспада, спектр и характер излучения, энергия аналитического сигнала (пики в спектре). Эти параметры следовало изучать, для того чтобы, выбрать подходящие среди получаемых на базе ядерного реактора типа ВВР-СМ Института ядерной физики АН РУз. изотопы для проведения экспериментальных исследований по данной теме.

Наиболее важным видом радиоактивного излучения является гамма-излучение, при котором состав атомного ядра не меняется, а только испускается избыточная энергия атомного ядра. По своей природе гамма-излучение является электромагнитным излучением, возникающим при переходе атомных ядер из возбужденных в более низкое энергетическое состояние. Среди ядерных излучений гамма-излучение отличается своей высокой проникающей способностью через вещества. Радиоактивные изотопы могут испускать гамма-излучения в большом диапазоне энергии, начиная от нескольких эВ до 10 000 000 эВ. Единицей измерения активности служит «Кюри» (Ки): $1\text{Ки} = 3,7 \times 10^{10}$ распад/сек. В Международной системе СИ единицей радиоактивности применяется «Беккерель» (Бк), $1\text{Бк} = 1$ распад/сек.

При облучении нейтронным потоком образцов исследуемого вещества, входящие в состав образца большинство химических элементов становятся гамма-радиоактивными. В зависимости от их периода полураспада выбирается время облучения в нейтронном потоке (от нескольких секунд до суток). Чтобы измерять гамма-излучения короткоживущих изотопов, следует облучать образцы, в течение нескольких сек. Для измерения гамма-спектров средне живущих изотопов следует облучать исследуемые образцы в течение от 1 до нескольких часов. Долгоживущие изотопы измеряют после длительного времени облучения в нейтронном потоке. Спектры гамма-излучения каждого атомного ядра являются характерными и их возможно идентифицировать. По расположению аналитического пика,

гамма-излучение относительно эталонных образцов обычно определяют концентрацию искомого элемента.

Методы и объем исследования

Медь определяется по реакции $^{63}\text{Cu} (n, \gamma) ^{64}\text{Cu}$. Период полураспада радиоактивного изотопа ^{64}Cu равен $T_{1/2} = 12,7$ час. Энергия аналитической γ - линии равна $E_\gamma = 511$ кэВ и 1345 кэВ. Предел определения меди по методике составляет 0,1 мг/г.

Изготовление радиоактивных изотопов натрия и меди осуществлялся путем облучения природных стабильных изотопов натрия-23 и медь-63 в потоке тепловых нейтронов, в горизонтальном канале ядерного реактора типа ВВР-СМ Института ядерной физики Академии Наук Узбекистана. Полученные радиоактивные изотопы затем разбавляются водой до нужной концентрации.

Природный стабильный изотоп химического элемента — медь-63 в потоке тепловых нейтронов по следующей ядерной реакции превращается в радиоактивный изотоп: $^{63}\text{Cu} (n, \gamma) ^{64}\text{Cu}$.

Радиоактивный изотоп ^{64}Cu имеет период полураспада $T = 12,7$ час, и испускает интенсивные гамма-излучения с энергией 514 кэВ и 1039 кэВ.

А природный стабильный изотоп натрия-23 при облучении в потоке тепловых нейтронов превращается в радиоактивный изотоп по следующей ядерной реакции: $^{23}\text{Na} (n, \gamma) ^{24}\text{Na}$.

Радиоактивный изотоп ^{24}Na имеет период полураспада $T = 15$ час и испускает интенсивные гамма-излучения с энергией $E = 1368,6$ кэВ.

Эти гамма-излучения являются основными аналитическими сигналами для определения местонахождения водного раствора радиоактивных изотопов и вычисления количества поглощенного водного раствора в почве.

В лабораторных условиях проведены изучения путем отбора образцов почвы с разными степенями засоленности и проведения нейтронно-активационного анализа макро- и микроэлементного состава образцов. Затем в почву добавили стабильные изотопы ^{63}Cu , ^{23}Na в виде водного раствора. После полива через 5 часов почву из экспериментального участка отбирали для элементного анализа 6 образцов по 250 г каждого. По методике подготовки к нейтронно-активационному анализу образцы почвы высушивали до постоянного веса в сушильном шкафу при температуре 60°C, перемололи, усреднили каждого образца по объему и образцы отобрали по 1 г. После этого образцы помещали в полиэтиленовый пакетик, который затем запаивали и заворачивали в алюминиевую фольгу и поместили в специальный контейнер (капсула) из алюминия для облучения на вертикальном канале ядерного реактора.

Облучение образцов проводили в вертикальном канале ядерного реактора ВВР-СМ Института ядерной физики АН РУз в течение 2-3 ч для измерения гамма-спектров средне живущих и долгоживущих радионуклидов, и в сухом канале в течение 20–30 сек для измерения гамма-спектров короткоживущих радионуклидов. Плотность потока нейтронов составляла 5×10^{13} нейтр. см⁻²с⁻¹. При этом вместе с образцами также облучали образцы сравнения (эталон) с известным содержанием искомого элемента.

Измерение гамма-активности облученных образцов проводили на гамма-спектрометре фирмы Canberra (США), состоящем из германиевого детектора HPGe GC1518 (относительная эффективность — 15%, разрешение для линии ^{60}Co 1332 кэВ — 1,8 кэВ), цифрового анализатора DSA 1000 и персонального компьютера с программным пакетом Genie 2000 для набора и обработки гамма спектров.

Для определения по короткоживущим радионуклидам 50 мг твердого образца вместе с эталонами облучали в сухом канале ВВР-СМ, в течение 20-30 сек. После 30 мин выдержки измеряли гамма-спектр образцов. Таким образом, определяли содержание меди по ^{64}Cu .

Предел определения меди по методике составляет 0,1 мг/г. Концентрация меди в образцах почвы в среднем составляет от 0,3 мг/г — до 0,8 мг/г. Предел определения натрия составляет 0,06 мг/г. Концентрация натрия в реальных почвах Узбекистана, в зависимости от степени засоления составляют от 0,8% до 1,9%.

Учитывая сравнительно невысокий предел определения содержания меди, и сложность вычитания фоновых значений, мешающих определению меди по линии 514 кэВ, путем добавления водного раствора медного купороса, концентрацию меди экспериментального участка увеличили примерно в 5 раз. По содержанию этих двух изотопов изучали распределения воды в активном слое почвы (в глубине 0-50 см).

Результаты исследования

Основные признаки почвы экспериментального участка — тяжелая почва, коричневого цвета, удельный вес которой — 2,65–2,85 г/м³. Максимальная влагоемкость почвы составляет 0,9 г/см³. В составе почвы имеются мелкие зерна камней, мелкозернистые пласты и они характеризуются низкой степенью засоленности. Степень кислотности почвы низкая (рН=6,5). На Рисунке приводятся результаты изучения динамики поглощения воды в экспериментальных участках почвы.

В образцах с максимальным значением засоленности почвы закономерность распределения воды описывается кривой 1. Кривая 3 — описывает закономерность распределения воды по глубине почвы с наименьшей засоленностью. Кривая 2 — описывает закономерности распределения воды в почве средним показателем засоленности.

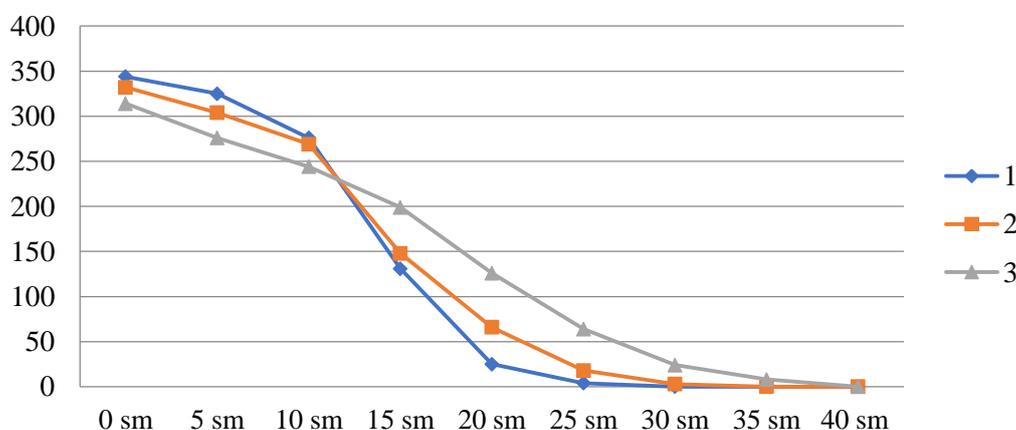


Рисунок. Закономерность поглощения воды в активном слое почвы на экспериментальных участках в зависимости от степени засоленности почвы

Итак, динамика поглощения воды в активном слое почвы с разными степенями засоленности имеет существенные различия (Рисунок).

Заключение

Экспериментальным путем изучены закономерности распространения воды в активном слое почвы, с разной степенью засоленности, с применением ядерно-физических методов и приборов измерения. В лабораторных условиях ИЯФ АН РУз проведены эксперименты по

изучению динамики поглощения воды со стабильными и радиоактивными изотопами. Получена диаграмма распределения воды при разных степенях засоленности почвы.

Полученные результаты позволяют делать вывод, данный метод позволяет эффективно использовать водные ресурсы в подверженных к засолению почвах в вододефицитных регионах Узбекистана.

Результаты получены при выполнении прикладного гранта КХ-А-КХ-2018-403.

Список литературы:

1. Анненков Б. Н., Юдинцева Е. В. Основы сельскохозяйственной радиологии. М.: Агропромиздат. 1991. 286 с.
2. Блюм Б. Г. Баланс меченого изотопом ^{15}N нитратного, аммонийного и амидного азота удобрений в полевых севооборотах // Круговорот и баланс азота в системе почва-удобрение-растение-вода. М.: Наука. 1979. С. 65-72.
3. Ефимов В. Н., Осипов А. И., Чеснокова Е. Ф. Использование азота почвы и удобрения растениями ячменя на дерново-подзолистых супесчаных почвах разной степени окультуренности // Агрохимия. 1985. № 7 С. 3-7.
4. Кузяков Я. В. Изотопно-индикаторные исследования транслокации углерода растениями из атмосферы в почву: (Обзор литературы) // Почвоведение. 2001. № 1. С. 36-51.
5. Молчанова И. В., Куликова Н. В. Радиоактивные изотопы в системе почва-растение. М.: Атомиздат, 1972. 86 с.
6. Рачинский В. В. Курс основы атомной техники в сельском хозяйстве. М.: Атомиздат, 1974. 391 с.
7. Фокин А. Д., Лурье А. А., Торшин С. П. Сельскохозяйственная радиология. СПб.: Лань, 2011. 416 с.
8. Сясько А. А., Гриб Н. Н., Качаев А. В. Применение ядерно-физического опробования для изучения зольности угольных пластов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. №. 1-5.
9. Бобкова Ю. А., Лобков В. Т. Использование технологий точного земледелия при создании агрохимических картограмм // Вестник ОрелГАУ. 2017. №4 (67). С. 25-31.
10. Клементьева Е. А., Овсянникова С. В., Никитин А. Н. Динамика изотопов ^{210}Pb и ^{210}Po в естественных луговых экосистемах и агрофитоценозах с регулярным внесением фосфорных удобрений // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. 2017. № 1. С. 39–47.

References:

1. Annenkov, B. N., & Yuditseva, E. V. (1991). Fundamentals of agricultural radiology. Moscow: Agropromizdat. 286.
2. Blum, B. G. (1979). The balance of ^{15}N nitrate, ammonium and amide nitrogen-labeled fertilizers in field crop rotations. Cycle and nitrogen balance in the soil-fertilizer-plant-water system. Moscow: Science. 65-72.
3. Efimov, V. N., Osipov, A. I., & Chesnokova, E. F. (1985). Use of nitrogen in soil and fertilization of barley plants on sod-podzolic sandy soils of varying degrees of cultivation. Agrochemistry, (7). 3-7.
4. Kuzyakov, Ya. V. (2001). Isotopic Indicator Studies of the Translocation of Carbon by Plants from the Atmosphere into the Soil: (Literature Review). Soil Science, (1). 36-51.
5. Molchanova, I. V., & Kulikova, N. V. (1972). Radioactive isotopes in the soil-plant system. Moscow: Atomizdat, 86.

6. Rachinsky V. V. (1974). The course of the basis of atomic technology in agriculture. Moscow: Atomizdat, 391.

7. Fokin, A. D., Lurie, A. A., & Torshin, S. P. (2011). Agricultural radiology. St. Petersburg: Lan, 416.

8. Syasko, A. A., Grib, N. N., & Kachaev, A. V. (2011). Application of nuclear-physical approbation for studying the ash content in coal layers. Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 13 (1-5), 1283-1294.

9. Bobkova Yu.A., & Lobkov V.T. (2017). Using technologies of precision farming for creation agrochemical cartograms. Использование технологий точного земледелия при создании агрохимических картограмм. Bulletin of Agrarian Science, 4 (67), 25-31.

10. Klementjeva, E. A., Ovsianikova, S. V. and Nikitin, N. A. (2017), Dynamics of isotopes ^{210}Pb and ^{210}Po in natural ecosystems and agrophytocenoses with the regular application of phosphorus fertilizers. Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, biological series, (1), 39–47

*Работа поступила
в редакцию 19.09.2018 г.*

*Принята к публикации
23.09.2018 г.*

Ссылка для цитирования:

Урунбоев С. К., Курбанов Б. И., Шеров А. Г., Курбанов У. Т., Ирисматова А. И. Использование ядерно-физического метода для изучения распределения воды в почвах с разными степенями засоленности // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. №10. С. 223-229. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/urunboev> (дата обращения 15.10.2018).

Cite as (APA):

Urunboev, S., Kurbanov, B., Sherov, A., Kurbanov, U., & Irismatova, A. (2018). The use of nuclear-physical methods for studying water distribution in soils with different degrees of salinity. *Bulletin of Science and Practice*, 4(10), 223-229. (in Russian).