

УДК 546.791:631.4

## УРАН И ТОРИЙ В РАСТЕНИЯХ ТЕРСКО-КУМСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

© Т.А. Асварова, Г.Н. Гасанов, А.С. Абдулаева

*Ключевые слова:* уран; торий; растения; аридизация; опустынивание.

Виды растений: полыни Лерха и таврическая, кермек Мейера (*Limonium meyeri* (Boiss.), кохия стелющаяся (*Kochia prostrata* L. Schrad.), бассия волосистая (*Bassia hirsuta* L. Aschers.), лебеда татарская – могут быть использованы в качестве биоиндикаторов при радиационном мониторинге окружающей среды.

Наиболее интенсивной форме опустынивания и аридной деградации подвержена территория Терско-Кумской низменности, составной части Прикаспийской полупустынной области Юга России.

В перспективе ожидается увеличение доли земель со средней и сильной степенью аридности биоклимата (0,3–0,55 Ку  $\approx$  0,55–0,84 NIA) в Астраханской области (2020 г. – 55,4 %; 2040 г. – 74,6 %), Дагестане (соответственно, 34,6 и 58,5 %), Калмыкии (соответственно, 32,7 и 30,9 %), Ставрополье (до 3 %). В то же время западные и северо-западные территории со слабой степенью аридности расширят ареал на 19,6–23,4 % [1].

Основными природными рискообразующими факторами в аридных областях является засушливость климата, геохимическая бессточность территории, высокая доля засоленных и солонцеватых почв в почвенном покрове, низкая биологическая продуктивность естественных фитоценозов, высокая ветровая активность. Главной причиной, ведущей к неблагоприятным изменениям, является пастбищная дигрессия, перевыпас и сбой пастбищ, неоправданная распашка легких почв, а также вторичное засоление, загрязнение почв, деградация растительного и животного мира, вырубку кустарниковой и древесной растительности, затопление и подтопление земель, техногенное опустынивание под влиянием тяжелого транспорта, буровых и земляных работ, промышленного и гражданского строительства и др. [2–3].

Ранее проведенные исследования по изучению биологической продуктивности растительных сообществ на территории Терско-Кумской низменности выявили усиление деградации почвенного и растительного покрова [2; 4–6].

Радиоэкологическими исследованиями установлено, что в условиях опустынивания и аридизации происходит увеличение содержания в биологически активной части почвенного профиля естественных радионуклидов урана и тория из породы и грунтовых вод, в связи с этим необходимо изучение накопления урана и тория растениями на территории Терско-Кумской низменности [7].

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Валовое содержание  $^{238}\text{U}$  и  $^{232}\text{Th}$  в золе растений определяли спектрофотометрически с арсеназо-III [8].

Методика включает: предварительную обработку образцов золы растений в 8–12н HCl и HNO<sub>3</sub>; последовательное хроматографическое выделение  $^{238}\text{U}$  и  $^{232}\text{Th}$  из одного и того же раствора с помощью анионита ЭДЭ-10П; восстановление UO<sub>2</sub><sup>2+</sup> до U<sup>4+</sup> цинком; колориметрирование 4н раствора HCl комплекса U<sup>4+</sup> с арсеназо-III; количественное соосаждение тория оксалатом кальция из оставшегося после выделения урана фильтра; колориметрирование 4н раствора HCl комплекса тория с арсеназо-III с помощью фотоколориметра Spectol и КФК-2МП, соответственно при  $\lambda = 670$  нм и  $\lambda = 665$  нм. Агрохимические показатели почв и статистическую обработку результатов проводили по общепринятым методикам [9]. Названия видов растений даны по С.К. Черепанову [10].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Независимо от геохимического состава и морфологической структуры, поверхностный слой почвы, богатый растительным покровом, всегда имеет более высокую  $\gamma$ -активность, в качестве естественных источников  $\gamma$ -излучения выступают изотопы  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{40}\text{K}$ . Здесь проявляется эффект суммирования мощности дозы – излучения почвы и растительного покрова, но в создании природного радиационного фона преобладающее значение приобретают почвы [11–12].

Уран обладает сильной миграционной способностью [13], и характер его распределения связан с процессом почвообразования. За геохимический фон содержания радионуклидов в равнинных почвах принимают величину для  $^{238}\text{U} - 1-2,4 \cdot 10^{-4} \%$ ,  $^{232}\text{Th} - 7 \cdot 10^{-4} \%$ .

Индикатором интенсивности полупустынных процессов почвообразования в приморской зоне служат типичные, древнегидроморфные и бугристые солончаки со светло-каштановыми реликтово-гидроморфными и переходными к ним лугово-светлокаштановыми и луговыми почвами [3].

Почвы характеризуются в основном легким механическим составом, высокой карбонатностью, реакцией почвенного раствора от нейтральной до щелочной, широким интервалом накопления водорастворимых солей, слабой обеспеченностью питательными элементами.

К настоящему времени накоплена информация о зависимости накопления радионуклидов растениями от свойств почвы (гранулометрический состав, физико-химические характеристики и др.). Почвы служат важнейшим биогеохимическим барьером для транспорта радионуклидов в растения, животных и организм человека. Радионуклиды, подвижные в воде за счет сорбции твердой фазы почвы в наземных биогеоценозах, переходят в трофические цепи в ограниченных количествах. При техногенной усиленной миграции естественных радионуклидов значима роль загрязнителей  $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  и др. В описании поведения радионуклидов существуют два вывода. Во-первых, в любых почвах, даже при самой низкой емкости поглощения, достаточно сорбционных мест для полного поглощения радионуклидов. Во-вторых, концентрация радионуклидов в растениях при усвоении из почвы пропорциональна уровню ее загрязнения этим радионуклидом [14–15].

Фитоценозы Терско-Кумской низменности деградированы, представлены малоценными видами, развиваются по полынно-эфемеровому типу, что свидетельствует о длительности воздействия неблагоприятных экологических факторов.

Исторический анализ (1939–2006 гг.) свидетельствует, что оптимальный состав кормов на Черных землях зарегистрирован в 1939 г. при хорошем зимнем увлажнении и невысоких антропогенных нагрузках. Снижение температуры воздуха (1952–1961 гг.) и оптимизация летнего гидротермического режима приводят к доминированию в травостое злаков (41,5 %). Аридизация климата и перевыпас снижают долю злаков до 4 %. Современный видовой состав (2006–2008 гг.) близок к полынно-эфемеровым сообществам, где доминируют полыни (75,4 %) и злаки (костры, мятлики – 15,6 %) [1].

Сокращение биологического разнообразия пастбищных экосистем происходит при совместном проявлении сильной степени аридизации климата и приводит к ненормированному выпасу скота. Бессистемный выпас животных на пастбищах приводит к 3-х и более кратному видовому и семейственному представительству на территории Терско-Кумской низменности.

На территории Северо-Западного Прикаспия биоразнообразие пастбищных экосистем при вольном выпасе выше в условиях слабой степени аридности биоклимата (49 видов, 16 семейств). Ухудшение гидротермических условий приводит к снижению биоразнообразия (9–10 семейств, 22–30 видов), т. к. мезофитные виды не выдерживают двойной (климатической и антропогенной) экологической нагрузки [1].

В общей сложности на пастбищах Терско-Кумской низменности доминируют разнотравно-полынные, злаково-разнотравные, разнотравные, полынно-злаковые ассоциации. Наиболее часто встречаются виды из семейств сложноцветных, злаковых, астровых, бобовых, капустных.

Современные растительные ценозы развиваются по полукустарниково-эфемеровому типу, что указывает на достаточно высокую степень аридности биоклимата. По мере увеличения аридности климата в полупустынных и пустынных сообществах начинают преобладать кустарниковые и полукустарниковые жизненные формы из различных видов *Salsola*, *Artemisia*, *Kochia prostrata*, и увеличивается мозаичность растительного покрова [1].

Это подтверждают и наши исследования. Так, доминантами растительного покрова пастбищ Терско-Кумской низменности являются от 1 до 17 видов, устойчивые к воздействию экологических факторов (выпас, недостаток влаги, засоление почвы и т. д.). Средообразующими и средостабилизирующими видами изученных пастбищных экосистем являются: из сложноцветных – полынь таврическая (*Artemisia taurica Willd.*), полынь Лерха (*Artemisia Lercheana Web. ex Stechm.*); из маревых – лебеда татарская (*Atriplex tatarica L.*), сведа мелколистная (*Suaeda microphylla Pall.*), кохия стелющаяся (*Kochia prostrata L. Schrad.*), бассия волосистая (*Bassia hirsuta L. Aschers.*), канфоросма марсельская (*Camphorosma monspeliaca L.*); из тамариковых – тамарикс метельчатый (*Tamarix ramosissima*); из эфемеровых злаков – мятлик луковичный (*Poa bulbosa L.*), мортук восточный (*Eremopyrum orientale (L.) Jaub. et Spach*), костер растопыренный (*Bromus squarrosus L.*), костер кровельный (*Anisantha tectorum L.*), полевичка малая (*Eragrostis minor Host.*), пырей ползучий (*Agropyron desertorum (Fisch. ex Link.)*), тростник обыкновенный (*Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steud.*); из капустных – бурачок пустынный (*Alussum desertorum Stapf.*) и др. На их долю приходится 35–90 % биомассы растений.

Высокое содержание урана и тория обнаружено в растениях на светло-каштановых и лугово-болотных почвах, более низкое – в растениях на солончаках (табл. 1).

Концентрация урана в гумусовом горизонте (гор. А) колеблется от 1,34 до  $3,7 \cdot 10^{-4}$  %, тория – от 5,43 до  $8,5 \cdot 10^{-4}$  %. Так, в гумусовом горизонте лугово-болотных почв, простирающихся в прибрежной полосе Каспийского моря, концентрация урана наибольшая. Затем в порядке снижения содержания его следуют луговые, светло-каштановые, солончак и лугово-каштановые почвы. Относительно повышенного содержания урана и тория в лугово-болотных почвах это обусловлено тяжелым гранулометрическим составом, увеличением содержания органического вещества, степенью засоления, избыточным увлажнением нижних горизонтов почвенного профиля, морским происхождением почвообразующих материнских пород, в значительной мере определяющим миграцию радионуклидов.

Именно с увеличением содержания органического вещества в лугово-болотных почвах повышается содержание радионуклидов урана и тория, которые адсорбируются путем образования устойчивых органоминеральных комплексов с гуминовыми и фульвокислотами в верхнем горизонте почв [7; 12].

Таблица 1

$^{238}\text{U}$  и  $^{232}\text{Th}$  ( $X \cdot 10^{-4}$  % золы) в растениях различных типов почв

Тип почв	$\text{U}^{238}$	КБП	$^{232}\text{Th}$	КБП
Светло-каштановые	$2,8 \pm 1,5$	1,0	$4,62 \pm 1,3$	0,42
Лугово-болотные	$2,2 \pm 1,5$	0,74	$4,58 \pm 1,45$	0,27
Луговые	$2,1 \pm 0,5$	0,76	$4,6 \pm 0,1$	0,58
Солончак типичный	$1,35 \pm 0,52$	0,68	$1,6 \pm 0,48$	0,14
Солончак луговой	$1,95 \pm 0,16$	0,97	$2,04 \pm 0,4$	0,14

Таблица 2

Содержание  $^{238}\text{U}$  и  $^{232}\text{Th}$  ( $\text{X} \cdot 10^{-4} \%$ )  
в золе и КБП растений

Вид растений	$^{238}\text{U}$	$^{232}\text{Th}$	КБП $^{238}\text{U}$	КБП $^{232}\text{Th}$
Полынь таврическая <i>Artemisia taurica Willd.</i>	2,24	2,94	1,12	0,21
Сведа мелколистная <i>Suaeda microphylla Pall.</i>	1,98	1,64	1,0	0,15
Полынь Лерха <i>Artemisia lercheana Web. ex Stechm.</i>	5,34	6,72	1,2	0,85
Верблюжья колючка обыкновенная <i>Alhagi pseudoalhagi (Bieb.) Fisch.</i>	1,2	2,3	0,6	0,16
Камфаросма марсельская <i>Camphorosma monspeliaca L.</i>	2,7	5,3	0,98	0,67
Петросимония раскидистая <b>Petrosimonia brachiata (Pall.) Bunge</b>	2,7	6,36	0,6	0,8
Бассия волосистая <i>Bassia hirsuta L. Aschers.</i>	2,93	3,97	1,54	0,46
Сарсазан шишковатый <i>Halocnemum strobilaceum (Pall.) Bieb.</i>	1,37	2,59	0,48	0,24
Тамарикс метельчатый <i>Tamarix ramosissima</i>	2,42	3,2	0,85	0,3
Кермек Мейера <i>Limonium meyeri (Boiss.)</i>	3,35	4,03	1,17	0,37
Кохия стелющаяся <i>Kochia prostrata (L.) Scharad.</i>	2,45	4,98	0,86	0,46
Тростник обыкновенный <i>Phragmites australis (Cav.) Trin. Ex Steud.</i>	1,88	2,86	0,59	0,36
Лебеда татарская <i>Atriplex tatarica L.</i>	4,23	1,95	1,32	0,24
Пырей ползучий <i>Agropyron desertorum (Fisch. ex Link.)</i>	1,32	2,46	0,41	0,31
Солянка мясистая <i>Salsola crassa</i>	1,17	3,5	0,64	0,54

В целом физико-химические свойства почв (гумус, рН, карбонаты, сульфаты и др.), ветровая эрозия, дефляция, усиление миграции и распределения солей, высокая пастбищная нагрузка, топография, именно накопление радионуклидов на пониженных участках рельефа, а также климатические условия (отмечено влияние температурного режима на интенсивность миграции) и другие факторы приводят к увеличению содержания легкорастворимых соединений урана и тория в светло-каштановых почвах и солончаках, с одной стороны, за счет миграции радионуклидов в почвенном профиле, с другой – их седиментации.

Значение имеет то, каким гранулометрическим и органическим составом обладают почвы, а также какие виды растений на них произрастают. Так, в светло-каштановых почвах с низким содержанием физической глины, гумуса, карбонатов происходит увеличение поступления урана и тория в растения, что приводит к увеличению степени участия радионуклидов в пищевых цепях.

Относительно поступления урана и тория в растения, произрастающих на лугово-болотных почвах,

формирующихся при избыточном увлажнении и обильной растительности, корневые волоски растений, выделяя органические кислоты (янтарная, шавелевая, лимонная и др.) разрушают частицы минералов, переводя труднорастворимые формы радионуклидов в подвижные.

Содержание урана в надземной части выше, чем в корнях, у полыни белой и лебеды татарской различие трех- и четырехкратной величины.

Виды растений: полынь Лерха, полынь таврическая, кермек Мейера, кохия стелющаяся, бассия волосистая, лебеда татарская – могут быть использованы в качестве биоиндикаторов при радиационном мониторинге окружающей среды (табл. 2).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Воронина В.П. Агроэкологический потенциал пастбищных экосистем Северо-Западного Прикаспия в условиях меняющегося климата: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Волгоград, 2009. 49 с.
2. Залибеков З.Г. Процессы опустынивания и их влияние на почвенный покров. М., 2000. 219 с.
3. Стасюк Н.В. Динамика почвенного покрова дельты Терека. Махачкала, 2005. 193 с.
4. Гасанов Г.Н., Асварова Т.А., Гаджиев К.М., Ахмедова З.Н., Абдулаева А.С., Баширов Р.Р., Султанмахмедов М.С. Теоретически возможная и практически реализуемая по условиям влагообеспеченности и засоленности продуктивность светло-каштановой почвы Северо-Западного Прикаспия (на примере Кочубеевской биосферной станции ПИБР ДНЦ РАН) // Журн. Юг России. 2014. № 2. С. 7-22.
5. Муратчаева П.М.-С., Хабибов А.Д. О состоянии растительного покрова зимних пастбищ равнинного Дагестана в зависимости от режима использования // Современные наукоемкие технологии. 2008. № 2. С. 92-93.
6. Яруллина Н.А., Гасанова С.М., Загидова Р.М. Многолетне-сезонная динамика продуктивности эфемеров-полюнно-карманной растительности дельты Терека // Биологическая продуктивность ландшафтов Дагестана. Махачкала: Изд-во Дагестанского филиала АН СССР, Отдел биологии, 1982. С. 23-33.
7. Асварова Т.А., Залибеков З.Г., Абдулаева А.С. Влияние процессов опустынивания на интенсивность миграции радионуклидов в почвах Терско-Кумской низменности // Аридные экосистемы. 2013. № 1. С. 28-35.
8. Попов Д.К., Поницарова Т.М., Поницаров В.И. Методика определения валового урана и тория в породах, почвах, золе растений. Л., 1981. 15 с.
9. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу. М., 1961. 488 с.
10. Черепанов С.К. Сосудистые растения СССР. Л.: Наука, 1981. 510 с.
11. Асварова Т.А. Экологические закономерности распределения и миграции урана и тория в почвенно-растительном покрове Большого Кавказа: дис. ... канд. биол. наук. Махачкала, 2006. 117 с.
12. Давыдов А.И., Асварова Т.А., Кукулиева Э.И. Содержание и миграция валового тория в почвенном покрове Ногайской степи // Микроэлементы в ландшафтах Терско-Кумской низменности Дагестана. 1981. С. 202-205.
13. Щербина В.В. Поведение урана и тория в условиях сульфатно-карбонатной среды гипергенеза // Геохимия. 1957. № 6. С. 493-508.
14. Алексахин Р.М. Радиоактивное загрязнение почв как тип их деградации // Почвоведение. 2009. № 12. С. 1487-1498.
15. О поведении радиоактивных продуктов деления в почвах, их поступлении в растения и накоплении в урожае. Ротапринт / под ред. В.М. Клечковского. М.: АН СССР, 1956. 177 с.

Поступила в редакцию 3 июля 2014 г.

Asvarova T.A., Gasanov G.N., Abdulaeva A.S. URANIUM AND THORIUM IN PLANTS TEREK-KUMA LOWLAND

The plant species of Lerch and Tauride wormwood, Kermeck Meyer, (*Artemisia taurica Willd.*, *Artemisia lercheana Web. ex Stechm.*, *Atriplex tatarica L.*, *Limonium meyeri Boiss.*, *Kochia prostrata L.*, *Bassia hirsuta L. Aschers.*), quinoa Tatar can be used as bioindicators in environmental radiation monitoring.

Key words: uranium; thorium; plant; arid; desertification.

Асварова Татьяна Азимовна, Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского научного центра Российской академии наук, г. Махачкала, Республика Дагестан, Российская Федерация, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биогеохимии, e-mail: tatacvar@mail.ru

Asvarova Tatyana Azimovna, Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Republic of Dagestan, Russian Federation, Candidate of Biology, Scientific Research Worker of Laboratory of Biogeochemistry, e-mail: tatacvar@mail.ru

Гасанов Гасан Никуевич, Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского научного центра Российской академии наук, г. Махачкала, Республика Дагестан, Российская Федерация, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав лабораторией биогеохимии, e-mail: tatacvar@mail.ru

Gasanov Gasan Nikuyevich, Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Republic of Dagestan, Russian Federation, Doctor of Agriculture, Professor, Head of Laboratory of Biogeochemistry, e-mail: tatacvar@mail.ru

Абдулаева Айшат Саидмагомедовна, Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского научного центра Российской академии наук, г. Махачкала, Республика Дагестан, Российская Федерация, научный сотрудник лаборатории биогеохимии, e-mail: tatacvar@mail.ru

Abdulaeva Aishat Saidmagomedovna, Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Republic of Dagestan, Russian Federation, Scientific Research Worker of Laboratory of Biogeochemistry, e-mail: tatacvar@mail.ru