

**А.Н. ТЮРЮКАНОВ**

# **ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ**

*К 70-летию со дня рождения*

Издательство РЭФИА  
Москва – 2001

**А.Н. Тюрюканов. Избранные труды. – М.: РЭФИА, 2001. – 308 с.**

Книга представляет собой сборник наиболее интересных и значимых статей выдающегося русского ученого–натуралиста, ярчайшего представителя русской естественнонаучной школы В.В. Докучаева, В.И. Вернадского, Н.В. Тимофеева-Ресовского – доктора биологических наук, профессора, академика Российской академии естественных наук Анатолия Никифоровича Тюрюканова. Три раздела книги («Почвоведение и экспериментальная биогеоценология», «Биосферное естествознание», «Размышления») дают представление как об эволюции научных интересов автора, так и о развитии естественнонаучной мысли в России в 20 веке. Всегда интересные, подчас неожиданные суждения автора дают богатую пищу как для дальнейших исследований природы, развития учения о биосфере, так и для размышлений о проблеме взаимоотношения человечества и биосферы.

Для широкого круга читателей, интересующихся почвенной, природоохранной и естественнонаучной тематикой.

**Составители: *А.Е. Андреева, В.В. Снакин, В.М. Федоров***

**Редколлегия: *А.А. Тюрюканов, Н.А. Костенчук***

ISBN 5–7844–0050–9

© А.Е. Андреева, 2001  
© РЭФИА, 2001

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТРОНЦИЯ-90 И ЦЕЗИЯ-137 ПО КОМПОНЕНТАМ БИОГЕОЦЕНОЗА<sup>1</sup>

Целью настоящей работы является изучение миграции, концентрирования и перераспределения химических элементов в природных биогеоценозах. В сообщении [1] обсуждались результаты опытов с  $^{56}\text{Fe}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{65}\text{Zn}$  и  $^{144}\text{Ce}$ ; данное же сообщение посвящено  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ .

Опыты проводились в Ильменском заповеднике на Южном Урале на двух участках: около оз. Таткуль и у оз. Карасино, кордон Няшево. Участки дренированы озерами и расположены на высоте 3–4 м над уровнем воды в озере. Почвенный покров развился на элювио-делювии гранито-гнейсов. Мощность мелкоземной толщи колеблется от 25 до 50 см. В профиле почв встречаются щебень и крупные обломки гнейса. Почвы на обеих площадках бурые, лесные, супесчаные. Почва Таткульского участка отличается большим содержанием гранулометрической фракции < 0,001 мм. Содержание перегнойно значительное и составляет 4,6–4,8% в горизонте  $A_1$ , но с глубиной резко падает. Величина рН колеблется около 5–6. Степень насыщенности основаниями около 73%. Содержание обменных Са и Mg составляет соответственно 9,8 и 4,4 мг-экв (Няшево) и 13,8 и 5,9 мг-экв на 100 г почвы (Таткуль). Таким образом, используемые почвы сходны по составу и основным свойствам.

Пробная площадь у оз. Таткуль заложена в березово-осиновом лесу. Исследования касались лишь подроста и травяного покрова. Остановимся кратко на их характеристике. Подрост – осина порослевого происхождения – обильный, высота 50–60 см, возраст 2–4 года, распределение равномерное. Травяной покров высотой 25–60 см, общее покрытие 60%. В составе травяного покрова встречаются сныть и злаки (обильно), подмаренник, мышиный горошек, вероника, коровяк, медуница, колокольчик, клевер и другие растения. Пробная площадь у кордона Няшево заложена на просеке в сосновом лесу. Подрост сосны обильный, возраст 4–10 лет, высота до 80 см, распределение равномерное. Береза и лиственница в подросте встречаются редко. Подлесок состоит из ракитника. Травяной покров высотой 20–50 см, общее покрытие 50–70%. В травяном покрове представлены злаки и брусника (обильно), купена, кровохлебка, земляной орешек, герань, кошачья лапка, подмаренник и другие растения. Моховой покров представлен зелеными мхами.

На охарактеризованных выше участках закладывались однометровые площадки с типичной для окружающей местности растительностью. На площадки вносились растворы радиоизотопов  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  внутривнутрипочвенным методом. Водные

<sup>1</sup> Работа опубликована в соавторстве с Г.И. Махониной, Н.В. Тимофеевым-Ресовским и А.А. Титляновой в «Докладах АН СССР. 1961. Т. 140. №5. – С. 1209–1212». Представлено академиком В.Н. Сукачевым.

растворы радиоизотопов вносились в почву через отверстия, равномерно расположенные на площадке. Всего на площадке в 1 м<sup>2</sup> было 81 отверстие с чередующейся глубиной 1, 5, 10, 15 см. Этим методом достигалось равномерное распределение активности в слое внесения (0–15 см). Активность стронция, внесенного на одну площадку, равнялась 10 мСi, активность цезия – 15 мСi. По истечении трех вегетационных периодов была проведена разборка опытных площадок и учет веса и активности надземной и корневой биомассы, лесной подстилки и почвы в слоях 0–15 см (слой внесения), 15–20 см, 20–25 см и 25–30 см.

В табл. 1 приведено распределение <sup>90</sup>Sr и <sup>137</sup>Cs по компонентам биогеоценозов. Как видно из таблицы, несмотря на разницу в видовом составе биоценозов, вынос активности из почвы надземной биомассой и ее корнями в процентах для исследованных биогеоценозов Таткуля и Няшево почти одинаков. Надземная биомасса выносит 0,13–0,19% общего количества стронция, корни надземной биомассы – 0,11 и 0,13% соответственно. Цезий выносится биомассой гораздо меньше, чем стронций надземной: биомассой – тысячные доли процента, а корнями надземной биомассы – в два-три раза больше – десятые доли процента. Хорошо накапливается цезий мхом. На площадке Няшево, где мха было много, в нем содержалось 0,017% всего количества цезия, что в три раза превышало вынос цезия всей остальной надземной биомассой этой площадки. Основное количество элементов, поглощенное биомассой, сосредоточено в корнях слоя внесения (0–15 см) – на площадках Няшево больше, чем на площадках Таткуля, из-за большего количества корней в их почве. В подстилке содержится от 0,5 до 3% всей активности, разницы между цезием и стронцием здесь не наблюдается.

Таблица 1

**Распределение Sr<sup>90</sup> и Cs<sup>137</sup> по компонентам биогеоценозов при внутрпочвенном внесении (активность каждого компонента выражена в процентах от найденной активности во всем биогеоценозе)**

Компоненты биогеоценоза	Стронций		Цезий	
	Таткуль	Няшево	Таткуль	Няшево
М о х				0,017
Надземная биомасса	0,19	0,13	0,008	0,006
Корни надземной биомассы	0,13	0,11	0,021	0,011
Подстилка	0,38	3,20	1,03	2,23
К о р н и :				
слой внесения 0-15 с м	1,04	3,45	0,023	0,272
слой 15-20 см	0,04	0,02	0,001	0,005
слой 20-25 см	< 0,01	0,31	0,004	0,002
слой 25-30 см	< 0,01	0,01	< 0,001	< 0,001
П о ч в а :				
слой внесения 0-15 см	96,2	75,3	92,2	64,6
слой 15-20 см	1,5	10,9	3,2	17,2
слой 20-25 см	0,3	3,1	3,0	15,1
слой 25-30 см	0,1	3,5	0,5	0,6

Основное количество активности сосредоточено, конечно, в почве, в слое внесения. На Таткуле в этом слое сохранилось 96% стронция и 92% цезия. Вертикальная миграция как стронция, так и цезия в почве Таткульских биогеоценозов незначительна: в слое 15–20 см содержится около 2%, а в слое 25–30 см – десятые доли процента общего количества активности. Такая малая миграция связана, по-

видимому, с механическим составом почвы. Как уже отмечалось, количество фракции < 0,001 мм в почве таткульских площадок гораздо больше, чем в почве Няшевских площадок. В почве Няшевских площадок в слое внесения содержится 75% стронция и 65% цезия, в слое 15–20 см – 11% стронция и 17% цезия, а в слое 25–30 см – 3,5% стронция и 0,6% цезия. В обоих случаях мы не наблюдаем разницы в вертикальной миграции в почве между цезием и стронцием. Это обстоятельство кажется удивительным, так как известно, что цезий в почве закрепляется гораздо прочнее стронция [2–8]. Случайна ли эта картина, покажут дальнейшие опыты с площадками с луночным внесением изотопа.

В табл. 2 приведены данные о накоплении стронция и цезия отдельными видами растений, отношение концентрации активности в надземной части растения к концентрации активности в корнях, а также отношение активности 1 г сухого веса надземной биомассы или корней к активности 1 г почвы слоя внесения. Следует отметить, что все виды растений приведены в одной таблице без деления на таткульские и няшевские биогеоценозы. В том случае, когда те или иные виды были представлены на обеих площадках, в таблице приведены средние величины накопления, лишь незначительно отличающиеся в обоих случаях. Как видно из табл. 2, между накоплением стронция и цезия растениями существует большая разница. В среднем накопление стронция на порядок величин больше, чем накопление цезия. Отношение активности 1 г сухого веса растения (листья или корни) к активности 1 г почвы слоя внесения для цезия колеблется от 0,001 до 0,5 (исключение составляет лишь коровяк), а для стронция – от 0,01 до 5, причем для 10 видов из 16 оно больше 1. Меньше всего цезий и стронций накапливаются в сосне и лиственнице: указанное выше отношение для цезия 0,01 и для стронция 0,1 относится именно к этим видам. Осина накапливает тоже очень мало цезия, но стронция значительно больше, чем лиственница и сосна. Береза накапливает стронций в такой же концентрации, как и травянистая растительность. Специфическими накопителями цезия оказались коровяк и мох, а специфическими накопителями стронция – лютик (корни), вероника лекарственная (надземная часть) и корни бобовых. Следует еще отметить, что цезий накапливается преимущественно в корнях, а стронций в надземной части растений (табл. 2). Только лиственница в хвое и коровяк в надземной части концентрируют цезия больше, чем в корнях. С другой стороны, половина изученных растений содержит в надземной части больше стронция, чем в корнях.

Таблица 2

**Накопление  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  растительностью (средняя активность в слое внесения стронция – 3860, цезия – 5180 имп. на 1 г почвы)**

Растительность	Стронций			Цезий		
	а	б	в	а	б	в
<b>Сосна (<i>Pinus silvestris</i> L.)</b>						
хвоя	40	0,05	0,011	24	0,29	0,005
ветви	242	0,31	0,062	30	0,36	0,006
ствол	215	0,28	0,056	17	0,21	0,003
корни	770		0,98	82		0,016
<b>Лиственница (<i>Larix Sukaczewii</i> Djl.)</b>						
хвоя	940	3,82	0,24	317	1,74	0,062
ветви	590	2,40	0,15	23	0,13	0,004
ствол	415	1,70	0,11	24	0,13	0,005
корни	245		0,06	182		0,035

Растительность	Стронций			Цезий		
	а	б	в	а	б	в
<b>Осина (<i>Populus tremula</i> L.)</b>						
листья	2300	1,06	0,60	76	0,83	0,015
ветви + ствол	800	0,37	0,21	30	0,27	0,006
корни	2150		0,55	86		0,017
<b>Береза (<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.)</b>						
листья	7800	2,55	2,00			
ветви	4850	1,58	1,26			
ствол	3500	1,14	0,91			
корни	3050		0,78			
<b>Ракитник (<i>Cytisus ruthenicus</i> Fisch.)</b>						
надземная биомасса	750	1,50	0,19			
корни	500		0,13	173		0,033
<b>Зеленые мхи (<i>Bryales</i>)</b>						
				2650		0,515
<b>Злаки (<i>Gramineae</i>)</b>						
надземная биомасса	4510	0,56	1,16	0951	0,48	0,212
корни	8050		2,08	2275		0,439
<b>Бобовые (<i>Leguminosae</i>)</b>						
надземная биомасса	4640	0,35	1,20	475	0,29	0,093
корни	13300		3,42	1640		0,318
<b>Сныть (<i>Aegopodium podagraria</i> L.)</b>						
надземная масса	11200	1,28	2,90	640	0,32	0,124
корни	8750		2,27	2000		0,387
<b>Борщевик (<i>Heracleum sibiricum</i> L.)</b>						
надземная биомасса				540	3,7	0,104
корни				145		0,028
<b>Брусника (<i>Vaccinium vitisidaea</i> L.)</b>						
надземная биомасса	1780	0,21	0,46	585	0,63	0,113
корни	8700		2,26	930		0,181
<b>Кошачья лапка (<i>Antennaria dioica</i> Gaertn.)</b>						
надземная биомасса	7500	1,40	1,93	325	0,72	0,063
корни	5400		1,40	445		0,086
<b>Земляной орешек (<i>Filipendula hexapetala</i> Gilib.)</b>						
надземная биомасса	4200	0,65	1,08	540	0,85	0,105
корни	6450		1,66	630		0,122
<b>Золотая розга (<i>Solidago virga aurea</i> L.)</b>						
надземная биомасса	1130	0,24	0,29			
корни	4670		,191			
<b>Бубенчик (<i>Adenophora liliifolia</i> Ldb.)</b>						
надземная биомасса	2800		0,72			
<b>Лютик (<i>Ranunculus</i> sp.)</b>						
надземная биомасса	3050	0,15	0,82			
корни	21000		5,40			
<b>Вероника лекарственная (<i>Veronica officinalis</i> L.)</b>						
надземная биомасса	17500	3,75	4,52			
корни	4650		1,20			
<b>Коровяк (<i>Verbascum</i> sp.)</b>						
надземная биомасса				32500	3,15	6,3
корни				10400		2,0

Растительность	Стронций			Цезий		
	а	б	в	а	б	в
Герань луговая ( <i>Geranium pratense</i> L.)						
надземная биомасса				177		0,034
К ронохлебка лекарственная ( <i>Sanguisorha officinalis</i> L.)						
надземная биомасса				450		0,087
прочая биомасса	10600	0,98	2,75	907	0,84	0,152
корни	10900		2,83	940		0,182

Таким образом, установлено, что надземная биомасса выносит десятые доли процента внесенного стронция и только тысячные доли процента цезия; корни концентрируют целые проценты стронция и десятые доли процента цезия. Основное количество внесенной в почву активности закрепляется в слое внесения, и вертикальная миграция обоих элементов незначительна. Полученные нами данные по накоплению растениями из почвы цезия и стронция хорошо согласуются с экспериментальными данными других авторов [4; 9–11] и еще раз указывают на большую опасность заражения биосферы стронцием-90.

### Литература

1. Махонина И. и др. ДАН 1960. Т. 133. №2.
2. Гулякин И.В., Юдинцева Е.В. Изв. ТСХА. 1958. №1.
3. Ключковский В.И., Гулякин И.В. Почвоведение. 1958. №3.
4. Поляков Ю.А. Вопросы физико-химии почв и методы исследования. Изд. АН СССР, 1959.
5. Тимофеева Н.А., Титлянова А.А. Изв. АН СССР. Сер. биол. 1959. №1.
6. Титлянова А.А., Тимофеева Н.А. Почвоведение. 1959. №3.
7. Nishita H. et al. Soil. Sci. 1956. V. 81, 317.
8. Nishita H., Steen A.G., Larson K.H. Soil. Sci. 1958. V. 86, 195.
9. Гулякин И.В., Юдинцева Е.В. Изв. ТСХА. 1957. №3.
10. Romney E.M. et al. Soil. Sci. 1957. V. 83. №5.
11. Тимофеева Н.А., ДАН. 1960. Т. 133. №2.