

УДК 631.461.1/5:599.322.2

## ЭЛЕМЕНТЫ КРУГОВОРОТА АЗОТА В ЛАНДШАФТАХ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ

Н.Ю. Кулакова<sup>1</sup>, Б.Д. Абатуров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт лесоведения РАН

Россия, 143030, Московская обл., Одинцовский р-н, с. Успенское, Советская, 21  
E-mail: root@ilan.ras.ru

<sup>2</sup>Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН  
Россия, 119071, Москва, Ленинский просп., 33

Поступила в редакцию 26.12.09 г.

**Элементы круговорота азота в ландшафтах Северного Прикаспия.** – Кулакова Н.Ю., Абатуров Б.Д. – Объем поступающего зоогенного азота в биocenозы пустынного типа в целом меньше, чем поступление азота с опадом и корневым опадом растений – 1.7 г N/m<sup>2</sup>, но поступление зоогенного азота крайне неравномерно и в местах скопления экскрементов (у выходов нор зверьков), занимающих около 1% территории – в 17 раз больше, чем поступление азота с растительными остатками – 75 г N/m<sup>2</sup>. Зоогенный азот, поступающий с экскрементами и жидкими выделениями животных, мало влияет на содержание минерального азота в почве сусликовин в сухой период.

*Ключевые слова:* азотный цикл, зоогенный азот, перераспределение азота в ландшафтах полупустыни, *Spermophilus pygmaeus*.

**Nitrogen cycle elements in the Northern Caspian lowland landscapes.** – Kulakova N.Yu. and Abaturov B.D. – The input of zoogenic nitrogen to desert-type biocenoses is generally lower than the nitrogen input due to plant residues (1.7 g/m<sup>2</sup>), but zoogenic nitrogen is distributed extremely ununiformly: at excrement-rich places (the exits of animal holes, about 1% of the whole territory) it is 17 times higher (up to 75 g/m<sup>2</sup>) than the vegetable nitrogen input. Zoogenic nitrogen (the excrements and liquid excreta of animals) weakly influences the mineral nitrogen content in the soil in the dry period.

*Key words:* nitrogen cycle, zoogenic nitrogen, nitrogen redistribution in semidesert landscapes, *Spermophilus pygmaeus*.

### ВВЕДЕНИЕ

Известно, что функционирование экосистем в природных ландшафтах связано с перераспределением вещества между биогеоценозами (Перельман, Касимов, 1999). Миграция и аккумуляция различных элементов в ландшафте вносит дополнительные особенности в круговорот этих элементов внутри биогеоценозов. В глинистой полупустыне Северного Прикаспия, в условиях острого дефицита влаги, процессы перераспределения и аккумуляции воды играют ведущую роль в формировании комплексности ландшафта: более мезофильные типы биогеоценозов приурочены к понижениям рельефа, более аридные – занимают автоморфное положение (Большаков, Иванова, 1974; Биогеоценозические основы..., 1974). Процесс аккумуляции биофильных элементов приурочен к экосистемам с большей фитомассой (за счет лучшего увлажнения). Вместе с тем в ландшафтах исследованного

региона действуют и другие механизмы, влияющие на аккумуляцию и перераспределение биофильных элементов. Например, за счет дополнительного притока калия с талыми снеговыми водами (Корнблум и др., 1972) этим элементом существенно обогащаются почвы мезопонижений (Кулакова, Соколова, 2003). Круговорот азота в исследованных пустынных биогеоценозах имеет свои особенности, связанные с перераспределением этого элемента в ландшафте полупустыни.

При рассмотрении круговорота элементов в природных экосистемах обычно не уделяют внимания зоогенному фактору. В то же время во многих экосистемах этот фактор играет важнейшую роль (Ржезникова и др., 1992). Основная цель работы – рассмотреть некоторые составляющие круговорота азота в ландшафтах Северного Прикаспия с учётом деятельности массового вида растительноядного млекопитающего суслика малого (*Spermophilus pygmaeus*). В задачи работы входило: 1) сравнить объёмы азота, поступающего в экосистемы из атмосферы, аккумулирующегося в фитомассе, опаде и отпаде фитоценозов, с количеством азота, перемещаемом в ландшафте из одних типов биогеоценозов в другие наиболее массовым видом млекопитающих данного региона сусликом малым; 2) проследить за поведением зоогенного азота в почвах биоценозов, освоенных сусликом малым.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

*Физико-географические особенности района исследования.* Район исследования находится в северо-западной части Прикаспийской низменности. Природные условия района характеризуются континентальным климатом. Среднегодовое количество осадков 298 мм. Испаряемость существенно превосходит количество выпавших осадков и составляет 980 мм (Сапанов, 2003).

Хорошо выражен мезо- и микрорельеф. Амплитуды высот, характерных для форм мезорельефа, не превышают 2 – 3 м, для форм микрорельефа – 50-ти см (Роде, Польский, 1961). Из-за равнинности и очень слабо развитой гидрографической сети сброс влаги, главным образом талых снеговых вод, происходит в замкнутые бессточные понижения рельефа. Большие падины – это мезопонижения площадью 1 – 2 га и более. Они заняты лугово-каштановыми почвами (тип каштановых гидрометаморфизированных почв (Классификация..., 2004) с хорошо выраженным 20 – 40-сантиметровым гумусовым горизонтом. Их профиль свободен от легкорастворимых солей. Водный режим почв периодически промывной. Падины занимают около 10 – 15% территории. В падинах развиты разнотравно-злаковые растительные ассоциации. Биогеоценозы падин относятся к биогеоценозам степного типа (Биогеоценотические основы..., 1974; Большаков, Иванова, 1974).

Межпадинная равнина представляет собой трёхчленный почвенно-растительный комплекс, элементы которого приурочены к разным формам микрорельефа (Биогеоценотические основы..., 1974). Микропонижения – западины, относительная глубина которых не превышает 50 см, а ширина составляет от нескольких до 15 – 20 м, занимают 20 – 25% межпадинной равнины. В них формируются лугово-каштановые почвы с промытым от солей профилем, хорошо выраженным гумусовым горизонтом. Под западинами залегает линза опресненных грунтовых вод. Водный режим почв периодически промывной. Для западин свойственен разно-

травно-злаковый тип растительных ассоциаций. Биогеоценозы западин, так же, как и падин, относятся к степному типу (Роде, Польский, 1961; Биогеоценологические основы..., 1974).

Микроповышения занимают не менее 50% площади межпадинной равнины. Почвы представлены солонцами, по классификации 2004 года (Классификация..., 2004) относятся к солонцам светлым засоленным, отдел щелочно-глинисто-дифференцированные (Сиземская и др., 2004). Для солонцов свойственны мало-мощные гумусовые горизонты 6 – 9 см. Грунтовые воды под микроповышениями имеют минерализацию до 15 г/л. Здесь формируются биогеоценозы пустынного типа (Биогеоценологические основы..., 1974).

На склонах микроповышений формируются светло-каштановые солонцеватые почвы с растительным покровом полупустынного типа (Биогеоценологические основы..., 1974).

*Методы исследования.* Объектами исследования были образцы почвы, помета суслика малого, а также образцы снега. Почвенные образцы отбирали из разрезов в соответствии с генетическими горизонтами в трехкратной повторности. Из образцов удаляли визуально различимый помет сусликов. В сухих почвенных образцах и в помете суслика определяли общий азот по методу Кьельдаля (Агрохимические методы..., 1981). Активность ионов  $\text{NO}_3^-$  и  $\text{NH}_4^+$  определяли в 6-кратной повторности ионометрическим методом в водной вытяжке из свежих почвенных образцов, отобранных с глубины 0 – 10 см на микроповышениях с солонцами и в микропонижениях с лугово-каштановыми почвами и из разной свежести помета сусликов, собранном у выходов нор зверьков, с поверхности солонцов, а также из помета сусликов после компостирования. Снег для определения воднорастворимого азота по методу Алекина (Агрохимические методы..., 1981) отбирался на равнине с площадок  $40 \times 40$  см в четырехкратной повторности.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что некоторое количество азота поступает на поверхность почвы из атмосферы с осадками. Долю азота, выпадающего с осадками в зимний период, определяли по содержанию воднорастворимого азота в снеге через две недели после установления снежного покрова и рассчитывали его количество за 4 месяца – с начала декабря до конца марта, когда преобладают осадки из снега. Поступление азота за четыре месяца составило  $0.065 \pm 0.05$  г N/m<sup>2</sup>. Это значение совпадает с данными М.А. Бобрицкой (1962) для данного региона в зимний период – 0.062 г/m<sup>2</sup>. Необходимо отметить, что в некоторые годы, при определенных условиях снеготаяния, талые воды перераспределяются по поверхности равнины, стекая с микроповышений и заполняя падины и западины. В результате отрицательные формы рельефа получают дополнительное количество влаги и растворенных в ней питательных элементов, в том числе и азота. Азот, поступающий с летними осадками, распределяется по поверхности более равномерно. По данным М.А. Бобрицкой (1962), количество воднорастворимого азота, попадающего с осадками из атмосферы на поверхность почвы за год, составляет 0.3 – 0.45 г/m<sup>2</sup> (табл. 1), в частности, в районе Ростова-на-Дону – 0.406 – 0.416 г/m<sup>2</sup>, т.е. 0.034 г/m<sup>2</sup> в среднем в ме-

сяц. Эти значения примерно соответствуют данным других авторов (Кудеяров, 1989; Михайлов и др., 2007). В целом поступление азота из атмосферы составляет для региона исследований около 4% от количества азота, поступающего с отмершими наземными и подземными органами растений в биоценозы со степными растительными ассоциациями, и около 9% – в биогеоценозы с пустынными растительными ассоциациями.

**Таблица 1**

Запасы фитомассы (числитель), азота в фитомассе (знаменатель) в нативных растительных ассоциациях, рассчитанные по данным Девярых (1970), Родина, Базилевич (1965), Каменецокой (1962), Гордеевой, Ларина (1965), Оловянниковой (1976), и в опаде и отпаде растений – доминантов этих ассоциаций (данные Девярых (1970)), в атмосферных осадках (данные Бобрицкой (1962))

Авторы	Запасы фитомассы, запасы <i>N</i> в фитомассе, г/м <sup>2</sup>	Запасы <i>N</i> в ежегодно отмирающих частях растений, г/м <sup>2</sup>	Поступление <i>N</i> из атмосферы за год (Бобрицкая (1962)), г/м <sup>2</sup>	
Степные растительные ассоциации с лугово-каштановыми почвами				
Родин, Базилевич (1965)	2260 / 30	8.9	0.3 – 0.45	
Каменецокая (1962)	3950 / 52			
Гордеева, Ларин (1965)	3300–4300 / 50			
Оловянникова (1976)	1370–4100 / 27			
Пустынные растительные ассоциации с солонцами				
Родин, Базилевич (1965)	1000 / 17	4.3		
Каменецокая (1962)	2040 / 34			
Гордеева, Ларин (1965)	1910 / 35			
Оловянникова (1976)	780–1100 / 12–17			

Запасы фитомассы, рассчитанные разными авторами различаются (см. табл. 1), что, вероятно, связано не только с варьированием этого показателя по годам, но, как отмечала И.Н. Оловянникова (1976), с несколько разными методиками отбора образцов. Масса отмирающего за год растительного материала составляет примерно 45% от запаса фитомассы в степных фитоценозах и 30% в пустынных (Родин, Базилевич, 1965).

В растениях солонцов содержание азота выше, чем в растениях степных ассоциаций. В ковыле Лессинга и типчаке, например, содержание азота составляет 1.4 и 1.8%, а в полыни австрийской и камфоросме – более 3%, в прутняке – около 2% (Родин, Базилевич, 1965; Девярых, 1970). Запасы азота в фитомассе степных разнотравно-злаковых растительных ассоциаций примерно в 1.4 – 1.8 раз больше, чем в фитомассе пустынной растительности (см. табл. 1). Эти значения рассчитаны по содержанию азота в растениях-доминантах растительных сообществ (данные Родина, Базилевич, 1965; Девярых, 1970) с учётом запасов фитомассы в естественных пустынных и степных фитоценозах (данные Каменецокой, 1962; Гордеевой, Ларина, 1965; Родина, Базилевич, 1965; Оловянниковой, 1976).

Поступление азота с растительными остатками в биогеоценозах степного типа примерно в два раза больше, чем в полупустынных сообществах (см. табл. 1), хотя содержание азота в опаде и отпаде солонцовых сообществ характеризуется более высокими величинами, чем в степи (Родин, Базилевич, 1965; Девярых, 1970).

В естественных ненарушенных ландшафтах глинистой полупустыни Северного Прикаспия перераспределение азота между разными типами биогеоценозов под действием зоогенного фактора играет важную роль в круговороте этого элемента. Наиболее массовым млекопитающим здесь является суслик малый (Абатуров, Магомедов, 1982). В годы с наибольшей численностью плотность зверьков достигает 300 особей/га. Снижение сусликами урожая растительности на всю территорию обычно не превышает 36% (Абатуров и др., 1980). Суслики используют для питания растения разных ассоциаций – как степных, так и пустынных. В то же время основная часть выделений зверьков остается на поверхности микроповышений с полупустынным типом растительности, где располагаются их жилые норы, или внутри нор, на глубине до 1 м. Масса накапливающихся экскрементов сусликов у выходов нор на поверхности солонцов, по нашим учетам, очень сильно варьировала – от 0.33 до 0.98 кг сухого веса. Это связано как с неодинаковым использованием нор зверьками в течение года, так и с тем, что экскременты сусликов могут сохраняться и накапливаться в течение нескольких лет. Большую часть рациона зверьков составляют растения степных ценозов. В разные годы в зависимости от урожая растительности суслики потребляли от 13 до 26% надземной фитомассы в полупустынных ассоциациях и 28 – 54% в степных (Абатуров, 1984). Воспользовавшись этими величинами и данными И.Н. Оловянниковой (1976) по запасам наземной фитомассы в нативных растительных ассоциациях и данными Л.Е. Родин, Н.И. Базилевич (1965) по содержанию азота в растениях азота, мы рассчитали, что в год с низким урожаем фитомассы суслики отчуждают 10 г/м<sup>2</sup> растений полупустынных ассоциаций и 74 г/м<sup>2</sup> растительной продукции в степных ассоциациях. То есть масса отчуждаемых ими растений степных ассоциаций в 7.4 раза больше, чем масса растений пустынных ассоциаций. В более благоприятный год эти цифры немного изменяются: 12 и 76 г/м<sup>2</sup> соответственно, но их соотношение остается высоким и равным 6.3. В степных ассоциациях с растительным материалом сусликом изымается около 1.1 г/м<sup>2</sup> азота, а в полупустынных ассоциациях – 0.4 г/м<sup>2</sup> азота. Очевидно, что в годы с низкой численностью сусликов эти значения могут быть существенно ниже.

Примерно половина отчуждённой сусликами растительной массы попадает на поверхность почвы в виде кормовых остатков. Кормовые остатки образуются в результате неполного использования скусанных в пищу растений. Суслики выедают у растений семена, наиболее сочные влагалищные части злаков, луковички мятлика и т.д. Так, на участке со слабым выпасом в 1972 г. было учтено около 5 г/м<sup>2</sup> растительных остатков, а непосредственно съеденная сусликами масса растительности, рассчитанная из данных по суточной норме пищи, численности сусликов и длительности периода годовой активности составила 7.9 г/м<sup>2</sup>. Однократный учет кормовых остатков в 1973 г. составил от 7 до 25 г/м<sup>2</sup> (Абатуров и др., 1980).

Съеденная часть также возвращается в окружающую среду. На непосредственно съеденную продукцию приходится половина содержащегося в изъятый растительности азота. Это составляет  $0.75 \text{ г/м}^2$ . Пустынные биоценозы занимают около 43% территории, бугорки сусликовин – около 5%, а поверхность, наиболее плотно покрытая экскрементами, – около 1% территории. Количество зоогенного азота, поступающего на единицу поверхности пустынных растительных ассоциаций, в 2.3 раза больше, чем количество азота, которое собирается с единицы поверхности равнины (т.е.  $1.7 \text{ г/м}^2$ ), на поверхность микроповышений – в 20 раз больше ( $15 \text{ г/м}^2$ ), а в местах максимального скопления экскрементов – примерно в 100 раз больше. В этих местах оно составляет  $75 \text{ г/м}^2$ , из которых  $55 \text{ г/м}^2$  привносится из степных растительных ассоциаций. Это примерно в 8.3 раза больше, чем поступает в солонцовые почвы с опадом и отпадом растений.

По данным Б.Д. Абатурова (1978), 20% переработанной сусликами продукции возвращается на поверхность почвы в виде непереваренных остатков (экскрементов), а 80% почти полностью минерализуется и выделяется в окружающую среду в виде минеральных или простых растворимых органических соединений. Таким образом, 20% поступающего на поверхность микроповышений азота ( $15 \text{ г/м}^2$  в местах скопления экскрементов) аккумулируется на продолжительное время в почвах микроповышений. При этом необходимо учитывать, что распределение экскрементов на поверхности и в верхних горизонтах солонцов также крайне неравномерно и может сильно варьировать как в пределах одного бугорка, так и в солонцах разных микроповышений. На некоторых микроповышениях свежие поселения сусликов отсутствуют.

Для исследования превращений зоогенного азота мы провели измерения активности ионов  $\text{NO}_3^-$  в экскрементах сусликов разной свежести и после компостирования образцов свежих экскрементов. В экскрементах за короткий срок их пребывания на поверхности почвы (около 1 месяца), несмотря на низкую влажность, существенно, более чем в 3 раза, сокращаются значения активности нитратного

**Таблица 2** иона (табл. 2).

Активность ионов  $\text{NO}_3^-$  (числитель)  
и  $\text{NH}_4^+$  (знаменатель) в водной суспензии  
при соотношении экскременты : раствор 1:5  
(средние  $\pm$  доверительный интервал,  $n = 6$ ,  $P = 0.95$ ),  
моль  $\times 10^{-4}$  /л

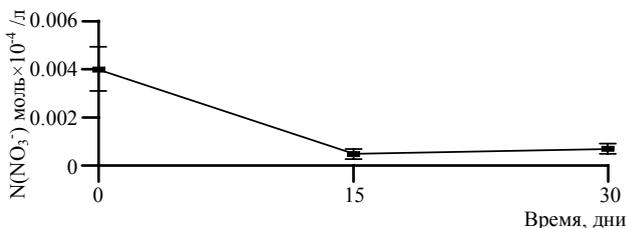
Помёт	
Старый (более месяца)	Свежий
$1.4 \pm 0.5$ нет данных	$4.7 \pm 0.7$ $47.8 \pm 0.12$
Влажность, %	
$11.7 \pm 2.3$	$19.9 \pm 1.2$

Измерение значений активности  $\text{NO}_3^-$  при компостировании свежих образцов помёта в условиях оптимального увлажнения показало, что уже за первые 15 дней значения активности снижаются более чем в 5 раз, оставаясь в дальнейшем примерно на одном уровне. Как видно из рисунка, значения активностей после

второго и третьего промеров (пятнадцатый и тридцатый дни компостирования) достоверно (при  $n = 6$ ,  $\alpha = 0.005$ ) не отличаются друг от друга. Быстрое падение значений активности свидетельствует о том, что запас легконитрифицирующихся соединений азота в экскрементах сусликов достаточно низок. По нашим подсчетам он составляет примерно 33 мг N на 1 кг экскрементов.

## ЭЛЕМЕНТЫ КРУГОВОРОТА АЗОТА В ЛАНДШАФТАХ

Во время сухого периода активность ионов  $\text{NO}_3^-$  и  $\text{NH}_4^+$  в гумусовых горизонтах солонцов, изначально не содержащих помет суслика, и в тех, из которых помет суслика был отобран перед измерениями, достоверно не различались (табл. 3). Очевидно, жарким и сухим летом уменьшение значений активностей ионов происходит в основном за счет газообразных потерь азота в результате процессов денитрификации и не связано с миграцией легкорастворимых соединений в почву.



Изменение активности иона  $\text{NO}_3^-$  (моль  $\times 10^{-4}$  / л) в процессе месячного компостирования образцов помёта суслика (*Spermophilus pygmaeus*). Показан доверительный интервал при  $n = 6$  и  $\alpha = 0.05$

Важную роль в обогащении почвы азотом экскрементов играет, вероятно, перемешивание экскрементов с почвой выбросов и миграция воднорастворимых соединений азота из экскрементов в период снеготаяния и при выпадении обильных дождевых осадков. После одного из редких летних дождей, промочившего верхнюю часть почвенного профиля до влажности 17%, активность иона  $\text{NO}_3^-$  в образцах почвы, из которой отобрали экскременты, была примерно в 2 раза выше, чем в образцах, не содержащем изначально экскрементов (см. табл. 3).

**Таблица 3**

Влияние экскрементов на значения активности ионов  $\text{NO}_3^-$  (числитель) и  $\text{NH}_4^+$  (знаменатель) в почве в зависимости от её влажности.

Активность ионов в водной суспензии при соотношении почва : раствор 1 : 5 (средние  $\pm$  доверительный интервал,  $n = 6$ ,  $P = 0.95$ ), моль  $\times 10^{-4}$  / л

Материал горизонта А1			
Сухой		После дождя	
Помёта изначально не было	Помёт был отобран	Помёта изначально не было	Помёт был отобран
$1.1 \pm 0.3$	$1.2 \pm 0.4$	$0.96 \pm 0.4$	$1.90 \pm 0.4$
11.4 $\pm$ 0.06	11.0 $\pm$ 0.07	нет данных	нет данных
Влажность, %			
10.7 $\pm$ 1.7	11.2 $\pm$ 1.1	17 $\pm$ 1.8	

Возможно, влияние зоогенного фактора сказывается и на содержании общего азота в почве. Целинные солонцы отличаются невысоким содержанием общего азота. В трех исследованных солонцах содержание азота в гумусовых горизонтах (мощность горизонтов 0 – 6, 0 – 9 см) составляло около 0.15%, что соответствует значениям, полученным для солонцов Северного Казахстана – 0.13% (Казанцева, 1970). В нижележащих солонцовых горизонтах исследованных нами почв в двух из трех разрезов оно составляло 0.15 и 0.09%, что свойственно солонцам региона, а в одном – 0.21%, что существенно превышало эти значения. Очевидно, такая

неравномерность в содержании общего азота в рассматриваемом случае может быть объяснена деятельностью сусликов – накоплением зоогенного азота в отнорках. Последнее предположение подтверждается тем обстоятельством, что содержание общего азота в экскрементах сусликов выше, чем в солонцах, и составляет в среднем 2%.

Поступление зоогенного азота в распахиваемые солонцы прекращается, так как на пашне зверьки не селятся. В мелиорированных, ежегодно распахиваемых солонцах из-за перемешивания гумусового, солонцового и подсолонцового горизонтов при распашке и отсутствии притока зоогенного азота содержание общего азота более однородно в верхней части профиля, чем в целинных почвах и составляет в пахотном горизонте 0.11 – 0.12%, а глубже снижается так же, как и в целинных аналогах.

## ВЫВОДЫ

1. Зоогенные потоки перераспределения азота, образующиеся под воздействием суслика малого, направлены противоположно процессам аккумуляции азота в фитомассе биоценозов разных типов, формирующихся на отрицательных и положительных формах рельефа. Перераспределение азота крайне неравномерно. Привнос азота сусликом в почвы пустынных биоценозов в целом и в почвы сусликовин сравним с поступлением сюда азота с растительными остатками – 1.7; 3.0 и 4.3 г/м<sup>2</sup> соответственно, а в места скопления экскрементов существенно его превышает (75 г/м<sup>2</sup>). На этих участках зоогенное поступление азота в несколько раз превосходит запасы азота в фитомассе пустынных растительных ассоциаций; на два порядка превышает поступление азота с атмосферными осадками.

2. Хотя активность ионов NO<sub>3</sub><sup>-</sup> и NH<sub>4</sub><sup>+</sup> в экскрементах суслика выше, чем в гумусовых горизонтах солонцов, заметное влияние поступающих экскрементов на активность этих ионов в окружающей экскременты почве наблюдается только после осадков, способствующих миграции минеральных форм азота из экскрементов. Вероятно, с накоплением экскрементов связана неравномерность в распределении общего азота в профиле некоторых солонцов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 09-04-00030).*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абатуров Б.Д.* Роль млекопитающих в минерализации растительной органики // Докл. II съезд Всесоюз. териол. о-ва. М.: Изд-во АН СССР, 1978. С. 3 – 12.
- Абатуров Б.Д.* Млекопитающие как компонент экосистем. М.: Наука, 1984. 285 с.
- Абатуров Б.Д., Магомедов М.П.* Зависимость смертности малых сусликов от плотности популяции и обеспеченности кормом // Зоол. журн. 1982. Т. 61, вып. 6. С. 890 – 900.
- Абатуров Б.Д., Ракова М.В., Середнева Т.А.* Воздействие малых сусликов на продуктивность растительности в полупустыне // Фитофаги в растительных сообществах. М.: Наука, 1980. С. 111 – 127.
- Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1981. 198 с.
- Бобрицкая М.А.* Поступление азота в почву с атмосферными осадками в различных зонах Европейской части СССР // Почвоведение. 1962. № 12. С. 5 – 61.

## ЭЛЕМЕНТЫ КРУГОВОРОТА АЗОТА В ЛАНДШАФТАХ

Биогеоценологические основы освоения полупустыни Северного Прикаспия / Под ред. А.А. Роде. М.: Наука, 1974. 360 с.

*Большаков А.Ф., Иванова Е.Н.* Солонцы, их свойства и мелиорация // Агрохимическая характеристика основных типов почв СССР. М.: Наука, 1974. С. 267 – 282.

*Гордеева Т.К., Ларин И.В.* Естественная растительность полупустыни Прикаспия как кормовая база животноводства. М.: Наука, 1965. 160 с.

*Десятых В.А.* Генетические особенности почв солонцового комплекса Северо-Западного Прикаспия (на примере Джаныбекского стационара): Дис. ... канд. с.-х. наук. М., 1970. 179 с.

*Казанцева И.А.* Агрохимическая характеристика почв северных областей республики // Агрохимическая характеристика почв Казахстана. Алма-Ата: Наука АН КазССР, 1970. С. 3 – 24.

*Каменецакая И.В.* Естественная растительность Джаныбекского стационара // Тр. комплексной науч. экспедиции по вопросам полезащитного лесоразведения. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1962. Т. II, вып. 3. С. 100 – 163.

Классификация и диагностика почв России / Под ред. Г.В. Добровольского. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

*Корнблюм Э.А., Дементьева Т.Г., Зырин Н.Г., Бирин А.Г.* Некоторые особенности процессов передвижения и преобразования глинистых минералов при образовании южного и слитого черноземов, лиманной солоди и солонца // Почвоведение. 1972. № 5. С. 107 – 114.

*Кудеяров В.Н.* Цикл азота в почве и эффективность удобрений. М.: Наука, 1989. 186 с.

*Кулакова Н.Ю., Соколова Т.А.* Влияние лесных культур на состояние калия и фосфора в черноземовидных почвах больших падин полупустынной зоны Северного Прикаспия // Вестн. МГУ. Сер. 17, почвоведение. 2003. № 3. С. 14 – 22.

*Михайлов А.В., Лукьянов А.М., Быховец С.С., Припутина И.В.* Влияние уровней выпадения азота и климатических изменений на различные способы ведения лесного хозяйства // Моделирование динамики органического вещества в лесных экосистемах. М.: Наука, 2007. 379 с.

*Оловянная И.Н.* Влияние лесных колков на солончаковые солонцы. М.: Наука, 1976. 127 с.

*Перельман А.И., Касимов Н.С.* Геохимия ландшафта. М.: Астрей-2000, 1999. 768 с.

*Ржезникова Н.Ю., Быков А.В., Линдеман Г.В.* Зоогенный перенос азота в искусственные лесные насаждения и его перераспределение по почвенному профилю // Почвоведение. 1992. № 9. С. 79 – 81.

*Роде А.А., Польский М.Н.* Почвы полупустыни Северо-Западного Прикаспия и их мелиорация // Тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева АН СССР. 1961. Т. 56. С. 3 – 214.

*Родин Л.Е., Базилевич Н.И.* Динамика органического вещества и биологический круговорот в основных типах растительности. М.: Наука, 1965. 253 с.

*Сапанов М.К.* Экология лесных насаждений в аридных регионах. Тула: Гриф и К, 2003. 247 с.

*Сиземская М.Л., Соколова Т.А., Топунова И.В., Толпеица И.И.* Динамика солевого состояния солончаковых солонцов глинистой полупустыни Северного Прикаспия в условиях агролесомелиорации (на примере почв Джаныбекского стационара РАН) // Почвы, биогеохимические циклы и биосфера. Развитие идей В.А. Ковды. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2004. С. 301 – 323.