

**ОСОБЕННОСТИ КРУГОВОРОТА БИОФИЛЬНЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ В ИСКУССТВЕННЫХ ЛЕСНЫХ И
ПАСТБИЩНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ПОЛУПУСТЫНИ
СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ**

Н.Ю. КУЛАКОВА

ФГБУН институт лесоведения РАН, Московская область



Цель работы - выяснить, какие процессы определяют объем депонирования и скорость круговорота С, N, P, K в подстилках естественных и антропогенных (лесных и пастбищных) экосистем полупустыни Северного Прикаспия. Для этого было проведено сравнение реально существующих запасов элементов в подстилках и расчётных данных по депонированию, полученных на основе натурального эксперимента по разложению растений-доминантов и фекалий овец.

Район исследований

Работа проводилась на Джаныбекском стационаре института лесоведения РАН, расположенным в северо-западной части Прикаспийской низменности (49°25′N, 46°46′E). Естественные растительные сообщества относят к пустынному, сухостепному и степному типам. (Роде А. А., Польский М.Н. , 1960). Эдификаторами путынных растительных ассоциаций являются *Artemisia pauciflora* и *Kochia prostrata*. Доминантами степных фитоценозов – дерновинные злаки *Stipa lessingiana* и *Festúca valesiáca*.

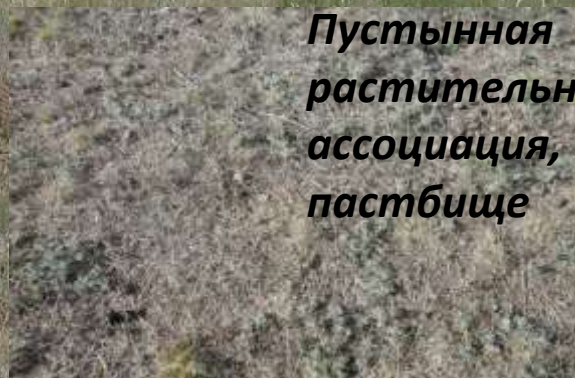
Степная растительная ассоциация

**Пустынная
растительная
ассоциация**

**Пустынная
растительная
ассоциация,
пастбище**



Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.)



Для исследования растительных ассоциаций степного и пустынного типов были выбраны два участка,: 1) заповедный площадью 20 га, с очень ограниченной пастьбой животных; 2) пастбище с постоянным (многолетним) выпасом животных, преимущественно овец. Ещё один участок представлял из себя насаждение дуба черешчатого 70-летнего возраста.

Учет опада дуба проводили с помощью опадоуловителей площадью 1 м² в четырёхкратной повторности. Масса подстилки учитывалась осенью на площадках 0,4 м² в 6-кратной повторности.

Концентрацию С и N в образцах, компостируемых на поверхности почвы, и в образцах подстилки определяли на анализаторе элементного состава, Р и К – рентгенфлуоресцентным методом (РФА).

Методы

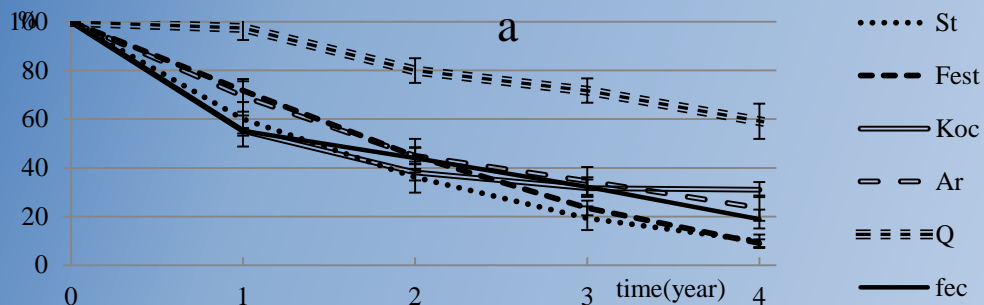
Скорость разложения образцов изучали в 4-летнем эксперименте. Исследовалась скорость разложения пяти видов растений: злаков – типчака (*Festuca valesiaca* Gaudin) и ковыля (*Stipa lessingiana* Trin.&Rupr), полкустарничков – полыни черной (*Artemisia pauciflora* Web) и прутняка (*Kochia prostrata* Schrad), опада дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), а также овечьего помета.

Количество поступающих на поверхность почвы элементов вычислено с привлечением литературных данных по многолетнему мониторингу наземной продуктивности исследуемых фитоценозов (Сапанов, Сиземская, 2015).

Использовались также литературные данные по потреблению фитомассы пастбищными животными и по поступлению их фекалий на исследуемые пастбищные участки (Кулакова, Абатуров, Нухимовская, 2017).

Пакеты с растительным материалом и помётом закрепляли на поверхности почвы.

Рис.1. Потеря массы образцами, % от нулевого года



Злаки -10%
 Полукустарнички и
 помёт -20-30%
 Листья дуба – 60%

Табл1. Значения констант
 разложения образцов
 ($k = -\ln(M_0/M_t)/t$)

Ковыль Лессинга	0,58
Типчак	0,60
Прутняк	0,29
Полынь	0,36
Листья дуба	0,13
Фекалии овец	0,42

Рис.2. Накопление органического материала
 на поверхности почвы за 4 года при
 поступлении 100 г опада в год

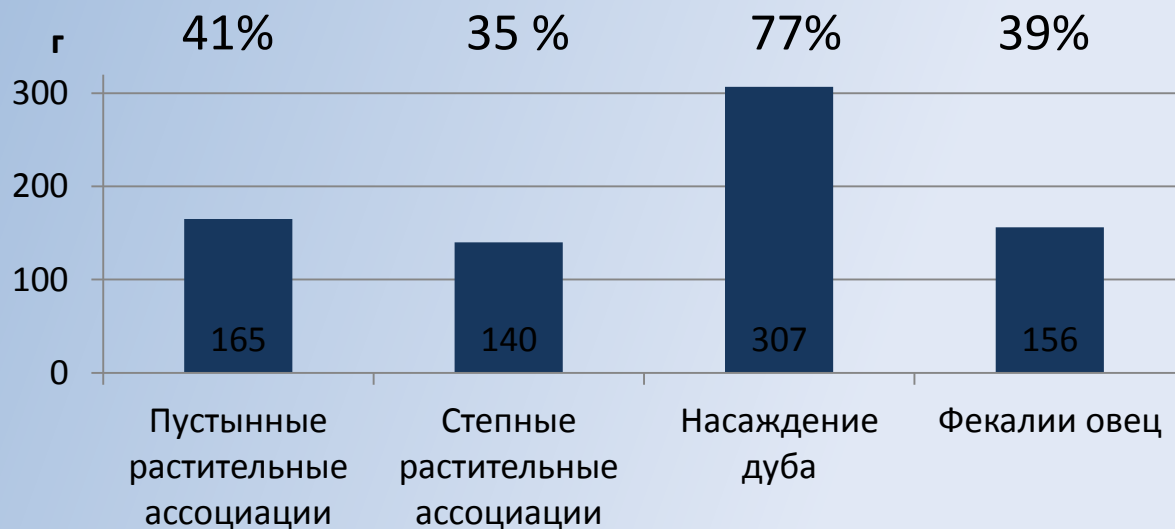


Рис. 2 Изменение концентрации элементов в процессе компостирования

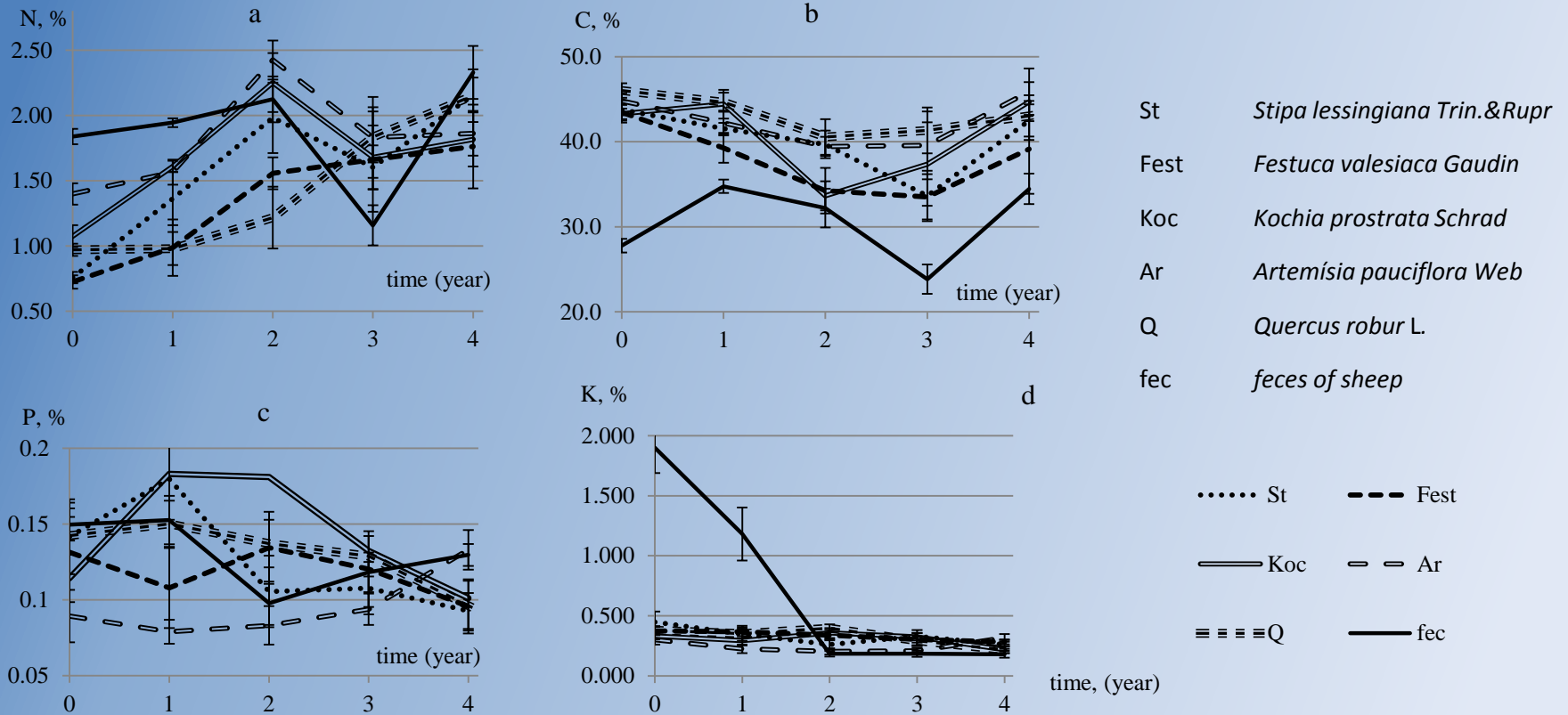
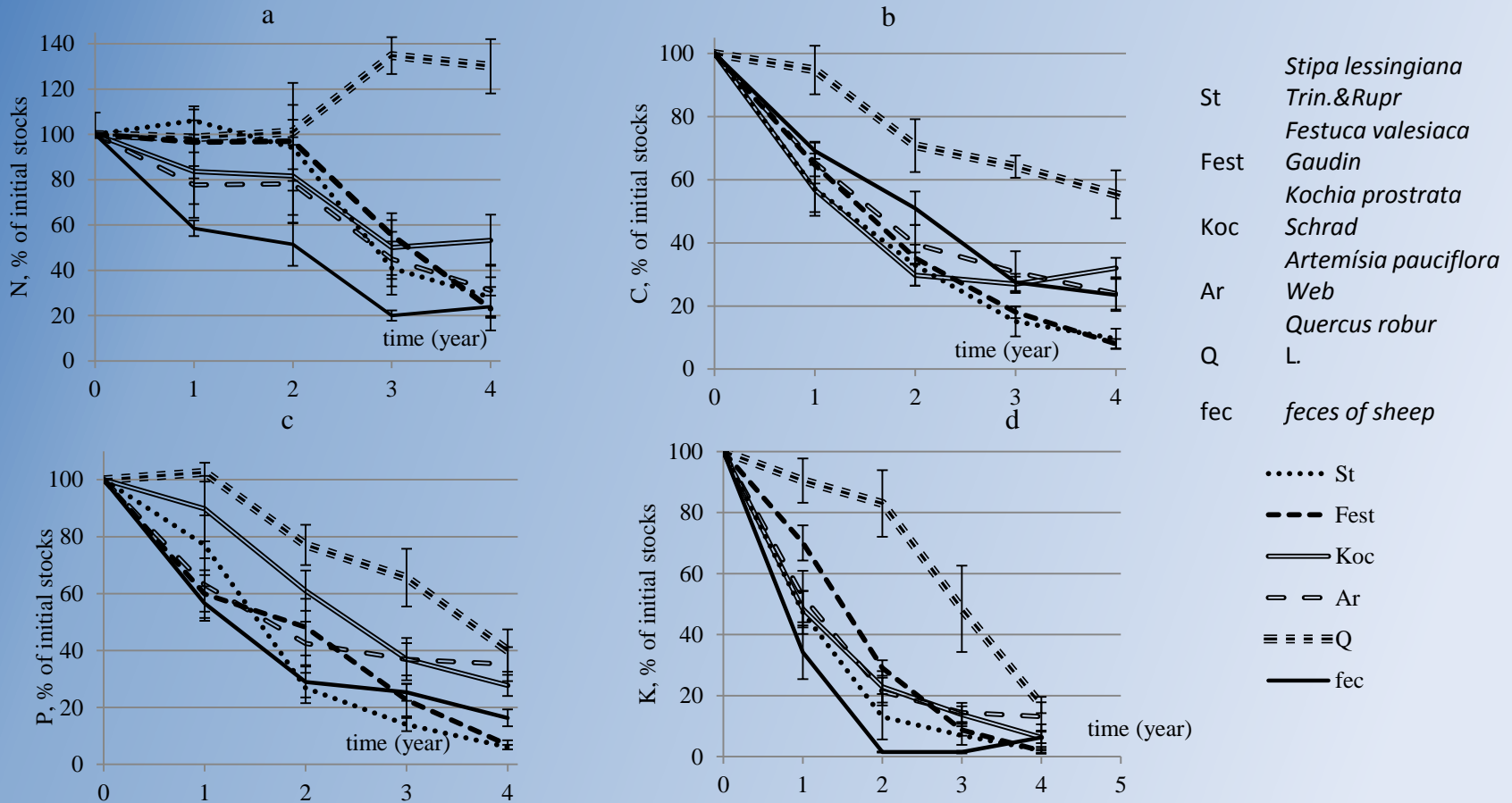


Таблица 1 Влияние вида образцов и времени компостирования на концентрацию элементов, $P < 0.001$

	Влияние фактора, %	
	Вид образца	Время компостирования
N	52	11
C	15	40
P	10	15
K	19	21

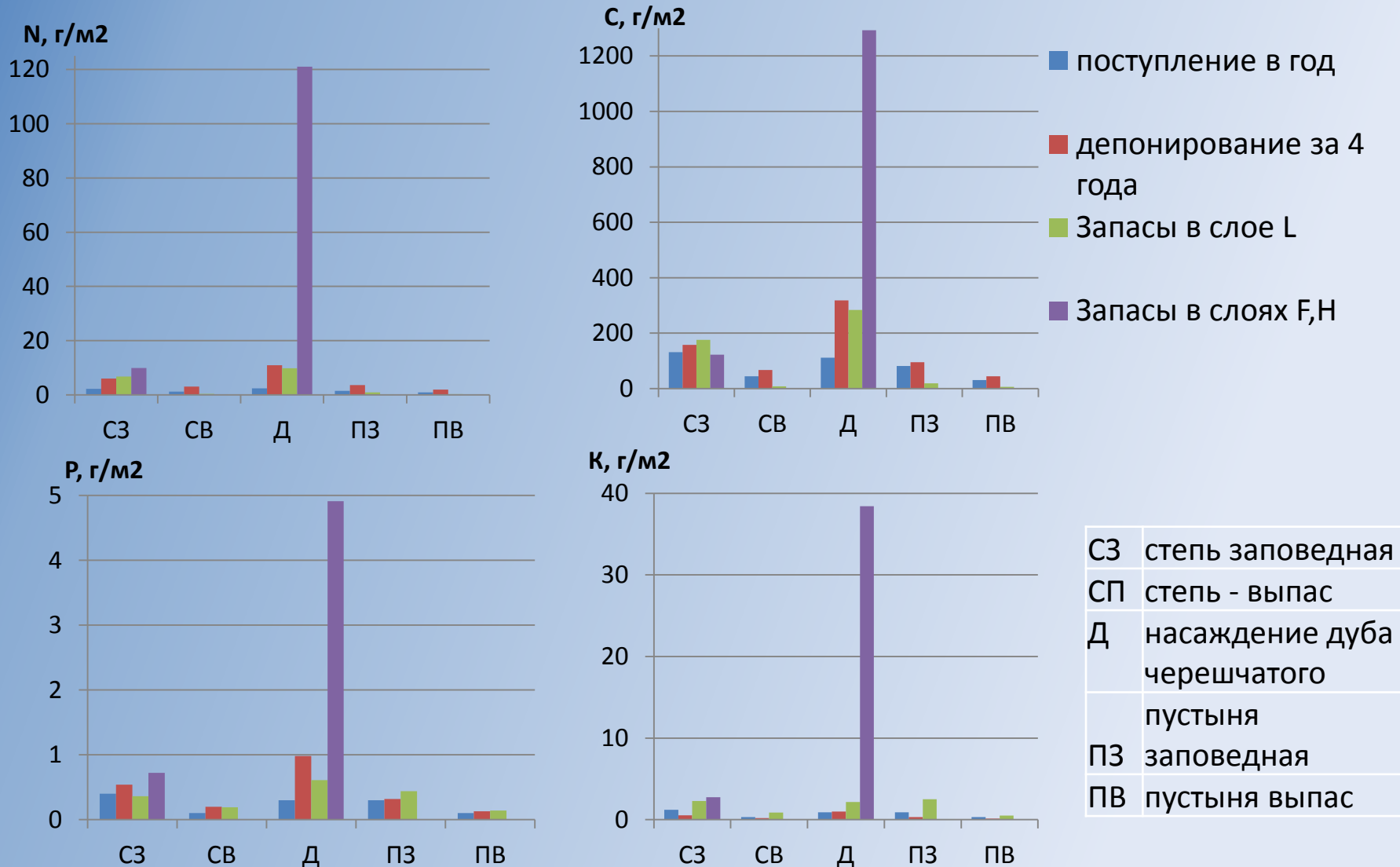
Рис.3. Изменение запасов элементов при компостировании



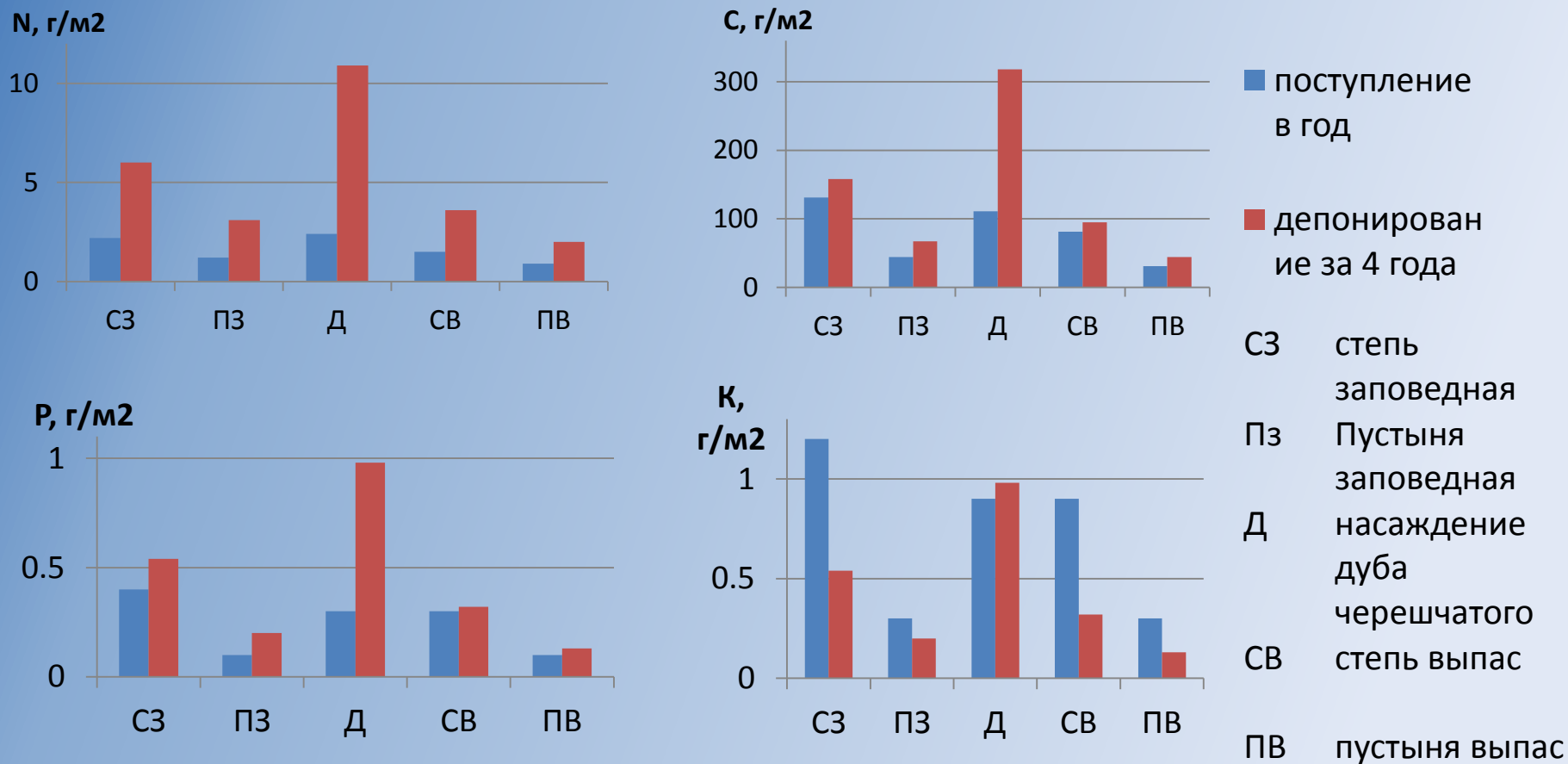
Массу элемента, накапливающуюся на поверхности почвы за четыре года – по формуле:

$M_{[x]} = m \cdot [x]_0 \cdot (\%M_{[x]0-1} + \%M_{[x]0-2} + \%M_{[x]0-3} + \%M_{[x]0-4})$, где $M_{[x]}$ – масса элемента x , $[x]$ – концентрация элемента, выраженная в % от веса; m – масса опада.

Рис. 4. Ежегодное поступление, депонирование за 4 года и аккумуляция в подстилках различных экосистем С, N, P, K



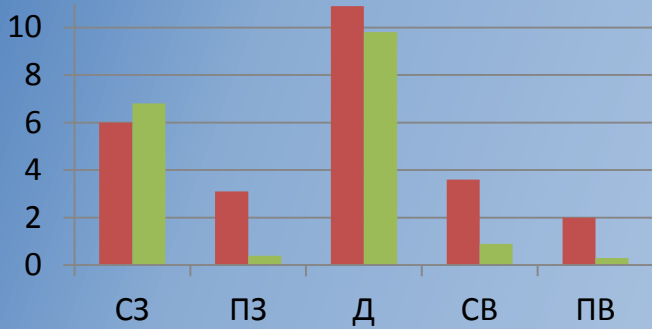
Ежегодное поступление, депонирование за 4 года С, N, P, K (по данным 4-летнего эксперимента)



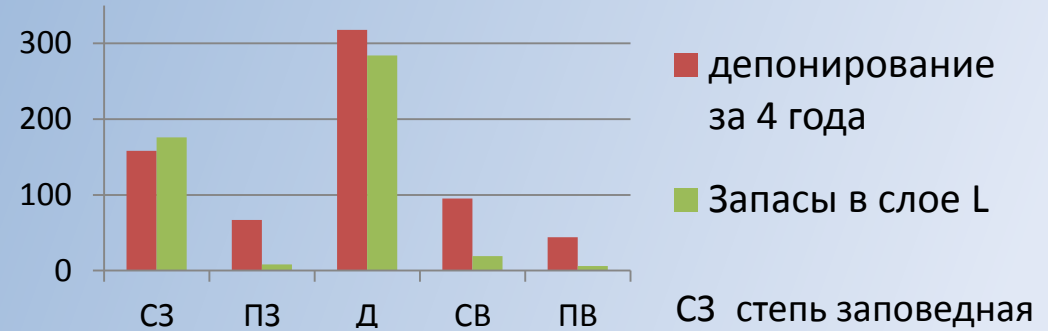
Размер накоплений фекалий зависел от типа растительной ассоциации - 8.4 ± 1.5 г/м² в степных ассоциациях западин и 6.1 ± 1.4 г/м² в пустынных ассоциациях микроповышений (Кулакова, Абатуров, Нухимовская, 2017). При изъятии около 40% фитомассы с фекалиями в степные ассоциации вносится в 14 раз, а в пустынные – в 6 раз меньше органических остатков, чем изымается.

Депонирование за 4 года (по данным 4-летнего эксперимента) и аккумуляция в слое L подстилок различных экосистем С, N, P, K

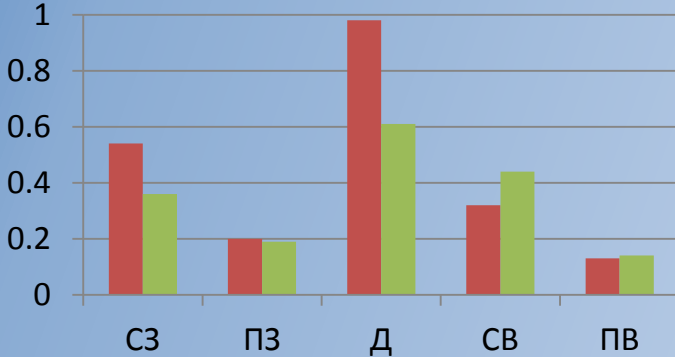
N, г/м²



С, г/м²



P, г/м²



K, г/м²



СЗ степь заповедная

СП степь - выпас

Д насаждение дуба черешчатого

ПЗ пустыня заповедная

ПВ пустыня выпас

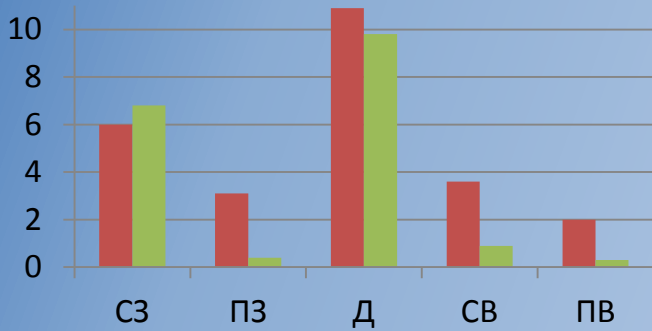
Причины по которым в пастбищных и в нативных пустынных экосистемах запасы азота и углерода меньше, чем расчетные значения:

- 1. Увеличение доли злаков в пастбищных экосистемах;***
- 2. Размельчение растительных остатков копытами животных;***
- 3. Увеличение роли фотодеградациии в разложении растительных остатков в условиях хорошего освещения (в разреженных растительных сообществах).***

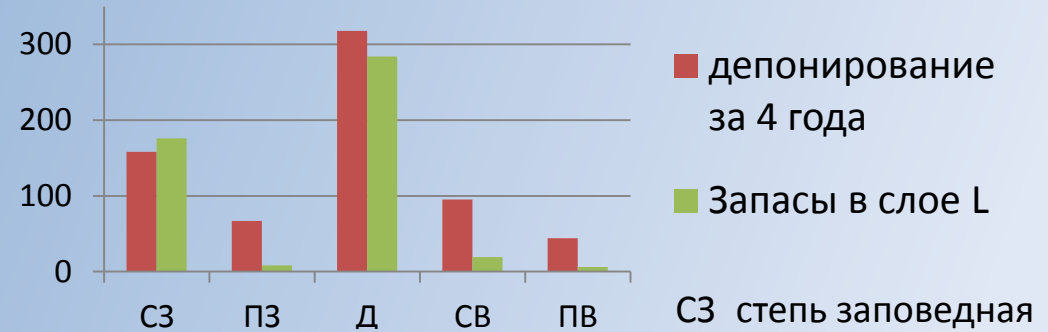
Площадь проективного покрытия в степных ассоциациях 80-100 %, в пустынных и пастбищных – до 40%. И образцы в пакетах и растительные остатки в степных фитоценозах затенены. Выход CO₂ через фотодегградацию может составлять от 1 до 4 г С на м² в засушливых экосистемах. (Brandt, Bohnet and King , 2009). Потери лигнина из подстилки при фотодегградации контролируются её толщиной (Henry HAL, Brizgys K, Field CB (2008). Отмечается усиление разложения лигнина при увеличении освещенности Dirks et al. . 2010). Ультрафиолетовое облучение в 10 раз увеличивало количество CO₂, выделяющееся при разложении подстилки относительно подстилки без облучения. Показано, что растительные остатки с высоким содержанием лигнина, отличающимся широким диапазоном поглощения световых волн, склонны к большей потере массы с помощью абиотических механизмов (Austin, Ballaré, 2010); Brandt LA, King JY, Milchunas DG (2007); Day TA, Zhang ET, Ruhland CT (2007)).

Депонирование за 4 года (по данным 4-летнего эксперимента) и аккумуляция в слое L подстилок различных экосистем С, N, P, K

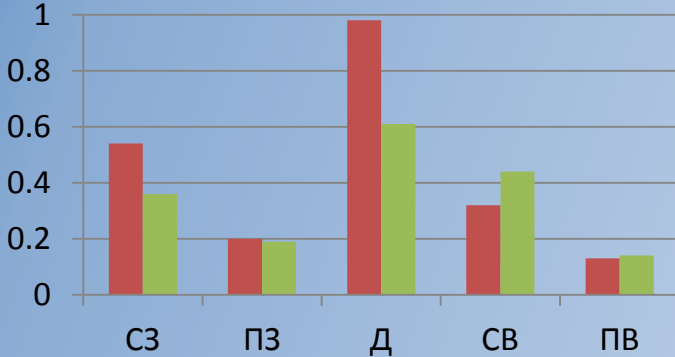
N, г/м²



С, г/м²



P, г/м²



K, г/м²



СЗ степь заповедная

СП степь - выпас

Д насаждение дуба черешчатого

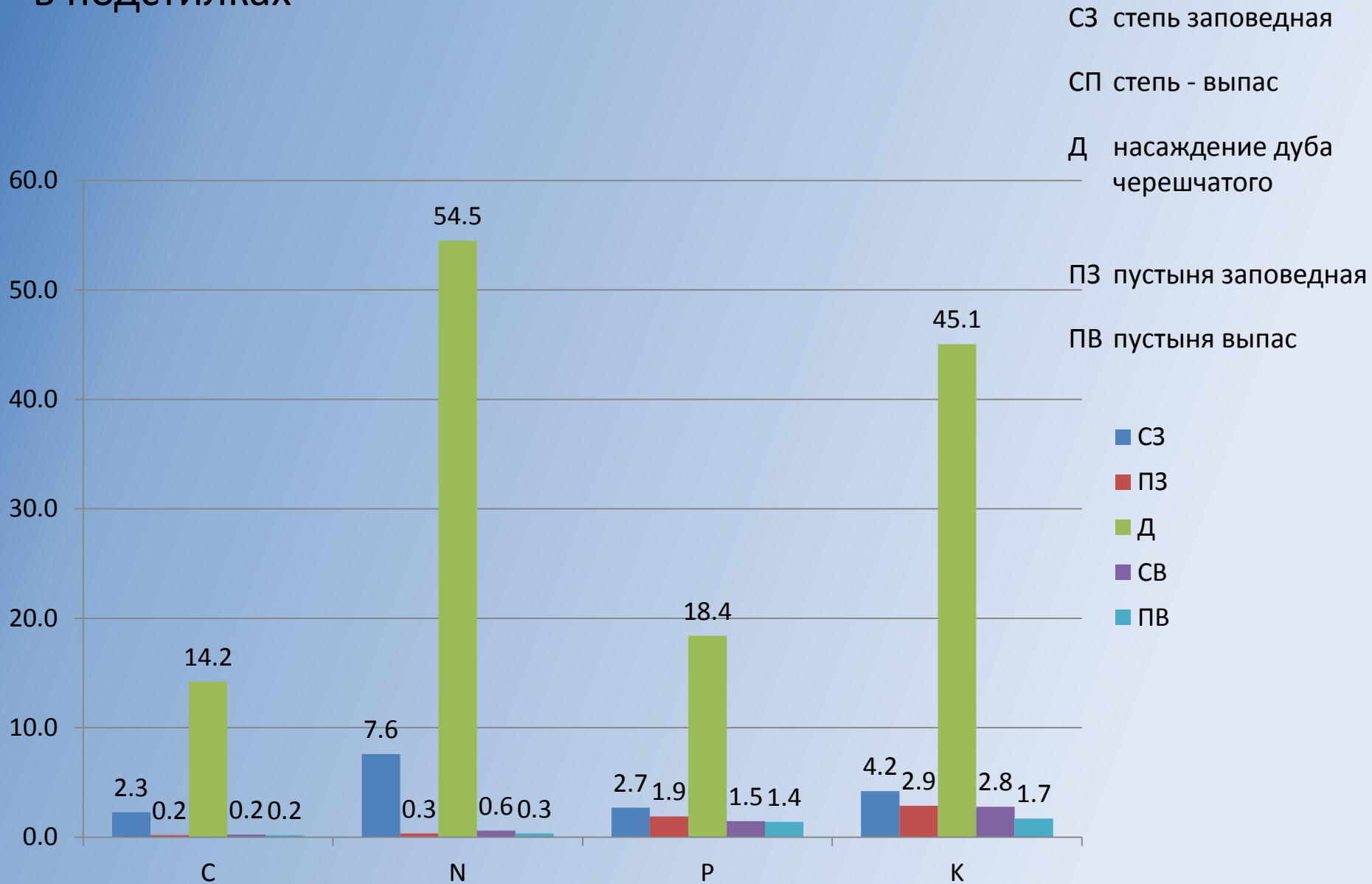
ПЗ пустыня заповедная

ПВ пустыня выпас

Большие запасы калия в слое L подстилок степных и пустынных растительных ассоциаций, связаны с накоплением в них пыли. Содержание валового калия в верхних горизонтах исследуемых почв в несколько раз выше, чем в растениях (около 3%). Поэтому накопление пыли, менее выраженное в насаждении, приводит к обогащению степных и пустынных подстилок калием. Содержание азота и углерода в растительных тканях больше, чем в минеральной части почвы. Содержание углерода изменяется от менее чем 1% в солонцах до 3,5-4% в лугово-каштановых почвах, а азота – от 0,1-0,2% в солонцах до 0,8% в лугово-каштановых почвах (Kulakova, 2012). Таким образом, накопление пыли приводит к относительному уменьшению концентрации этих элементов в подстилках.

Концентрация валового фосфора в почве (0,15-0,19%) (Кулакова, 2008) больше или равна концентрации фосфора в органических остатках. Процессы накопления пыли и органики по-разному накладываются друг на друга, что приводит к большому разбросу данных по соотношению запасов фосфора в подстилке и рассчитанной массы фосфора, сохраняющейся после 4 лет компостирования в разных растительных сообществах.

Соотношение запасов и ежегодного поступления элементов в подстилках



Выводы

2. Значения констант разложения растений-доминантов пустынных фитоценозов были почти в два раза меньше, а опада дуба – в 4,5 раза меньше, чем у растений-доминантов степных ассоциаций.
3. В подстилке насаждения дуба скорость круговорота С и N, подсчитанная как отношение массы запаса к массе поступления, оказалась в 6-7 раз медленнее, чем в степном растительном сообществе.
4. В подстилке дубового насаждения запасы С, N, P, K выше, чем запасы этих элементов в степной подстилке в 5-8 раз;

5. Разложение подстилок в степных и пустынных растительных сообществах идет с разной скоростью и это не связано с составом поступающих растительных остатков. Создание пастбищ приводит не только к уменьшению поступающей на поверхность почвы массы С, N, P и K, но к разложению степной подстилки по пустынному типу - со скоростью круговорота азота и углерода на порядок более высокой, чем в степных фитоценозах.

6. Интенсивная пастьба домашних животных, изымающая из круговорота около 40% фитомассы, приводит к невосполнимым потерям элементов: с поступлением фекалий домашних животных возвращается менее 10% от изъятого количества С и P, 10-17% N и от 30 до 60% K.

4. Накопление К и Р в подстилках степных и пустынных фитоценозов не определяется скоростью биологического круговорота, а связано с накоплением пыли.

5. Показано, что в результате перечисленных особенностей формирования подстилок:

1) В подстилке степных фитоценозов запасы углерода и азота более чем в 30 раз превышают запасы в подстилках пустынных растительных ассоциаций, запасы калия и фосфора – в 6 раз; при этом период формирования слоя L степных подстилок - более 4 лет, а пустынных - менее года.

2) В подстилках нативных степных ассоциаций накапливается в 16-19 раз больше углерода и азота и в 2-2,5 раза больше калия и фосфора, чем в пастбищных. В нативных пустынных растительных сообществах – в 1,5 раз больше С, N, Р, К, чем в пастбищных.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!