

17. Мялик, А. Н. Синантропизация флоры Припятского Полесья как показатель её антропогенной трансформации / А. Н. Мялик, В. И. Парфёнов // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2018. – Т. 63, № 3. – С. 276–285.

УДК 504.062.2:504.453

## **ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ ГОРОДОВ БЕЛАРУСИ КАК ОСНОВА ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДСКИХ ГЕОТЕХСИСТЕМ**

*Е. П. Овчарова, Е. В. Санец, О. В. Кадацкая*

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь,  
geosystem1@rambler.ru

### **Аннотация**

Для 38 городов Беларуси (крупных, больших и средних) проведена типизация пространственной организации гидрографической сети с учетом ее главных элементов по основным (расположение основной реки и притоков относительно территории города) и дополнительным (специфика гидрографической сети конкретного города) классификационным признакам. Наиболее благоприятная ситуация для устойчивого развития городских геотехсистем складывается там, где тип гидрографической сети относится к гранично-диаметральному с радиально-лучевым или гранично-лучевым положением притоков. В наименее благоприятном положении находятся города, где тип гидрографической сети граничный или гранично-периферийный с гранично-лучевым положением притоков или вовсе без них, а также с мелиорированной гидрографической сетью.

**Ключевые слова:** гидрографическая сеть, тип пространственной организации, городские геотехсистемы, устойчивое развитие города, крупные, большие и средние города.

## **SPATIAL ORGANIZATION OF THE HYDROGRAPHIC NETWORK OF THE CITIES IN BELARUS AS A BASIS FOR THE URBAN GEOTECHSYSTEMS SUSTAINABLE DEVELOPMENT**

*A. P. Aucharova, E. V. Sanets, O. V. Kadatskaya*

### **Abstract**

The typization of the hydrographic network spatial organization was carried out for 38 cities of Belarus (large, big and medium-sized). The typization was made taking into account the main elements of the hydrographic network and was based on the main (location of the main river and tributaries relative to the city territory) and additional (specifics of the hydrographic network of the city) classification features. The most favorable situation for the sustainable development of the urban geotechnical systems was noted in the cities where the hydrographic network had the boundary-diametrical type with the radial or boundary tributaries position. The least favorable position was noted in the cities where the hydrographic network had boundary or boundary-peripheral type with the boundary tributaries position or without them as well as with a meliorated hydrographic network.

**Keywords:** hydrographic network, type of spatial organization, urban geotechnical systems, sustainable development of the city, large, big and medium cities.

**Введение.** Современный город – это сложная и постоянно развивающаяся геотехсистема, в которой взаимосвязанные водно-зеленые пространства и другие открытые незастроенные озелененные территории являются важной его составляющей, наряду с искусственной застройкой различного назначения. Зачастую структура города, т.е. состав и взаимосвязи его отдельных элементов, предопределены природными факторами – рельефом, зелеными насаждениями, акваториями.

Красота естественных пейзажей или гармоничное сочетание природного и искусственного в преобразованной городской среде всегда вызывают положительную реакцию людей. Городская среда должна быть биологически здоровой, т.е. способствовать нормальному протеканию жизненных функций организма человека, а экологический аспект реализуется через необходимые для человека взаимосвязи с естественной природой. Эстетический аспект формирования городской среды выражается через синтез естественного и искусственного (Сычева, 2004).

Несмотря на сильное техногенное преобразование гидрографической сети в городах, она по-прежнему остается уникальным природным базисом, обеспечивающим устойчивое развитие геотехсистем, поскольку разнообразие экосистем, как правило, сохраняется лучше всего в пределах речных долин, особенно это касается пойм и прилегающих к ним территорий. Кроме того, гидрографическая сеть обеспечивает непрерывную связь с пригородными территориями, а также дискретность городской застройки, поддерживая определенную комфортность проживания в больших массивах застроенных пространств, а благодаря ландшафтам речных долин и прибрежных территорий обладает эстетической ценностью (Кадацкая, 2018).

**Материалы и методы.** Оценка пространственной организации гидрографической сети проведена на примере 38 городов, из них 1 крупнейший (г. Минск), 5 крупных (население 300–500 тыс. чел.), 8 больших (100–300 тыс. чел.) и 24 средних (20–100 тыс. чел.).

В качестве картографической основы для характеристики гидрографической сети использовалась Публичная кадастровая карта, размещенная на Интернет-сайте Национального кадастрового агентства Республики Беларусь. В максимальном увеличении масштаб карты соответствует плану масштаба примерно 1:1450 (в 1 см 14,5 м).

Элементы гидрографической сети города подразделялись на:

1. Главные (системообразующие): большие, средние и малые реки, крупные озера и водохранилища (размеры которых сопоставимы с размерами города в целом).

2. Второстепенные (в т.ч. малые городские водные объекты): мелиоративные каналы, ручьи, пруды, малые озера и водохранилища, заболоченные территории, очистные сооружения поверхностного стока, временные водные объекты, овражно-балочная сеть и т.п.

Типизация пространственной организации гидрографической сети выполнена по двум группам классификационных признаков:

1. Основные:

– расположение основной реки относительно территории города;

– расположение притоков основной реки относительно территории города.

2. Дополнительные – любые признаки, определяющие специфику гидрографической сети конкретного города.

Название типа гидрографической сети в большинстве случаев состоит из двух частей (подтипов): расположение основной реки + расположение притоков (при их наличии).

Согласно принятой типологии, расположение основной реки относительно территории города может быть следующим:

– диаметральное – река пересекает территорию города от границы до границы примерно по линии, делящей город на две сопоставимые по размеру части (с допущениями);

– периферийное – река пересекает территорию города от границы до границы по линии, проходящей по периферии города, отделяя небольшую часть;

– граничное – граница города проходит по реке.

В ряде случаев возможны комбинации трех указанных подтипов расположения:

– река частично протекает по границе города, частично пересекает его по линии диаметра – гранично-диаметральное (диаметрально-граничное) расположение;

– река частично протекает по периферии города, частично пересекает его по линии диаметра – периферийно-диаметральное (диаметрально-периферийное) расположение;

– река частично протекает по границе города, частично пересекает его по периферии – гранично-периферийное (периферийно-граничное) расположение.

В случае комбинированного расположения основной реки на первое место ставится то определение, к которому относится участок реки меньшей протяженности. На второе место – соответственно то, к которому относится участок реки большей протяженности.

В качестве притоков рассматривались водотоки, впадающие в основную реку. Мелиоративные каналы и небольшие ручьи без названий не учитывались. В названии подтипов гидрографической сети при характеристике расположения притоков основной реки использовалось определение «лучевой».

Расположение притоков основной реки относительно территории города может быть следующим:

– диаметрально-лучевое – приток пересекает территорию города от границы до границы примерно по линии, делящей город на две сопоставимые по размеру части (с допущениями); подобное расположение притока как правило соответствует граничному положению основной реки; соответственно, устье притока будет располагаться на границе города;

– гранично-лучевое – приток протекает по границе города; устье притока также располагается на границе города;

– радиально-лучевое – приток протекает по территории города (исток может находиться как за пределами города, так и на его территории), впадает в основную реку, имеющую диаметральное расположение (либо на диаметральном участке реки с комбинированным расположением);

– периферийно-лучевое – приток протекает по периферии города.

Как и в случае с основной рекой, для притоков может быть характерно комбинированное расположение:

– гранично-диаметрально-лучевое / диаметрально-гранично-лучевое;

– гранично-периферийно-лучевое / периферийно-гранично-лучевое;

– гранично-радиально-лучевое / радиально-гранично-лучевое.

Дополнительные классификационные признаки:

- водоемный тип (наличие крупных озер и водохранилищ, размеры которых сопоставимы с размерами города);
- амфиладный тип (наличие амфилады русловых водохранилищ или озер, соединяемых протоками или реками);
- древовидный тип (наличие сети притоков выше первого порядка);
- бифуркационный тип (разделение реки на рукава и последующее их слияние в пределах территории города);
- параллельный тип (наличие рек, не сливающихся в пределах территории города);
- устьевой тип (наличие ярко выраженных устьевых частей больших и средних рек в пределах города);
- радиально-центробежный тип (наличие истоков нескольких рек, текущих от центра к периферии и не сливающихся в пределах города).

**Результаты и обсуждение.** К городским водным объектам, как известно, относятся водоемы, все берега которых находятся на урбанизированной территории, а также реки или участки рек, протекающие в границах города (Волшаник, 2008). В качестве косвенного показателя обеспеченности городов Беларуси гидрографической сетью могут быть использованы данные Земельного кадастра о площади, занимаемой водными объектами в городах. В крупных и больших городах площадь земель под водными объектами варьирует от 8 до 842 га. При этом наиболее благоприятная ситуация характерна для городов Орши, Мозыря, Гомеля, Новополоцка и Бреста, где доля таких земель составляет 5,41–7,97 %. Наиболее проблемным городом является Солигорск (0,52 % земель под водными объектами). Для средних городов Беларуси в целом характерна более низкая доля площадей под водными объектами относительно общей площади городов по сравнению с крупными и большими городами. Так, максимальные значения характерны для городов Дзержинска (4,48 %), Кричева (4,20) и Полоцка (4,05 %), для таких городов как Речица, Жодино, Кобрин, Слоним, Вилейка и Горки доля составляет 2,02–3,57 %, для остальных городов – 0,2–1,70 % (таблица 1).

**Таблица 1** – Тип гидрографической сети и обеспеченность поверхностными водными объектами (%) в крупных, больших и средних городах Беларуси

Город	Тип гидрографической сети		Обеспеченность, %*
	подтип по положению основной реки	подтип по положению притоков	
Крупнейший город			
Минск	Диаметральный	радиально-лучевой древовидный	2,26
Крупные города			
Брест	Граничный	диаметрально-лучевой устьевой	5,41
Витебск	Гранично-диаметральный	радиально-лучевой	3,68
Гомель	Гранично-диаметральный	гранично-лучевой	5,80
Гродно	Диаметрально-граничный	радиально-лучевой древовидный	1,44
Могилев	Диаметральный	радиально-лучевой древовидный	1,93
Большие города			
Барановичи	Периферийный		1,41
Бобруйск	Гранично-диаметральный	радиально-лучевой	3,36
Борисов	Диаметрально-граничный	гранично-лучевой	1,15
Мозырь	Периферийно-граничный		7,97
Новополоцк	Граничный	периферийно-гранично-лучевой	5,77
Орша	Диаметрально-граничный	радиально- и гранично-лучевой	7,61
Пинск	Гранично-периферийный	гранично- и периферийно-лучевой	2,22
Солигорск	Гранично-водоемный	гранично-лучевой	0,52

Город	Тип гидрографической сети		Обеспеченность, %*
	подтип по положению основной реки	подтип по положению притоков	
Средние города			
Береза	Граничный	границно-диаметрально-лучевой	1,11
Вилейка	Границно-периферийный	радиально- и границно-лучевой	2,42
Волковыск	Границно-периферийный	диаметрально-лучевой	1,16
Горки	Периферийно-граничный	диаметрально-лучевой древовидный	2,02
Дзержинск	Диаметральный		4,48
Жлобин	Периферийно-граничный	границно-лучевой	0,55
Жодино	Периферийно-диаметрально-амфиладный	радиально-лучевой	2,86
Ивацевичи	Граничный		1,64
Калинковичи	Диаметральный		0,96
Кобрин	Диаметральный	радиально- и границно-лучевой	2,87
Кричев	Граничный	диаметрально- и границно-лучевой	4,20
Лида	Границно-диаметрально-амфиладный		1,18
Лунинец	Мелиоративная сеть		1,26
Марьино Горка	Границно-периферийный		0,20
Молодечно	Граничный	диаметрально-лучевой	0,81
Новогрудок	Радиально-центробежный		0,93
Осиповичи	Периферийно-граничный параллельный		0,43
Полоцк	Границно-диаметральный	радиально-лучевой	4,05
Речица	Граничный	диаметрально-лучевой	3,57
Рогачев	Периферийно-граничный	диаметрально-границно-лучевой	1,70
Светлогорск	Граничный		1,31
Слоним	Диаметрально-бифуркационно-граничный	границно- и радиально-лучевой	2,32
Слуцк	Границно-диаметрально-бифуркационный	радиально-лучевой	1,58
Сморгонь	Диаметральный	границно-радиально-лучевой	1,32

\*Для Минска, областных центров, Баранович, Пинска, Бобруйска, Новополоцка и Жодино данные приведены по состоянию на 01.01.2022.

Однако, не всегда высокий процент земель под водными объектами относительно площади города свидетельствует о положительных предпосылках для устойчивого развития геотехсистемы. Так, например, обеспеченность водными объектами в г. Дзержинске составляет 4,48 %, но р. Нетечка, протекающая через центр города, небольшая и полностью зарегулированная, что не позволяет ей в полной мере выполнять свои экологические и эстетические функции. А большая доля земель под водными объектами приходится на Дзержинское водохранилище, находящееся на окраине города.

Проведенный анализ пространственной организации гидрографической сети в крупных, больших и средних городах страны показал, что для градообразующих рек диаметральный, периферийный и граничный тип локализации в чистом виде встречаются редко (см. таблицу 1). Так, диаметральное расположение градообразующей реки характерно, например, для Кобрина (рисунок 1а), периферийное – для Барановичей (рисунок 1б), граничное – для Новополоцка (рисунок 1в).



**Рисунок 1** – Типы локализации градообразующих рек в городах Беларуси

Как правило, главная водная артерия города представлена комбинированием (сочетанием) указанных типов локализаций: диаметрально-границный (Гродно, Борисов, Орша, Слоним), границно-диаметральный (Витебск, Гомель, Бобруйск, Лида, Полоцк), периферийно-границный (Мозырь, Горки, Жлобин, Рогачев), границно-периферийный (Пинск, Вилейка, Волковыск, Марьина Горка), периферийно-диаметральный (Жодино).

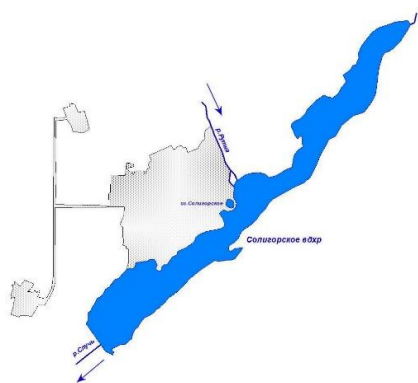
По второму типологическому признаку (расположения притоков относительно градообразующей реки) рисунок локализации соответствует главным образом различным модификациям радиального и лучевого положения. Так, например, радиально-лучевой древовидный тип расположение притоков отчетливо прослеживается в Могилеве, Минске и Гродно. В качестве примера радиально-лучевого типа локализации притоков на урбанизированной территории можно привести г. Полоцк (рисунок 2а), диаметрально-лучевого – г. Волковыск (рисунок 2б), границно-лучевого – г. Борисов (рисунок 2в).

Кроме рассмотренных типов локализации притоков по отношению к градообразующей реке, встречаются и другие типы пространственной организации гидрографической сети (рисунок 3).

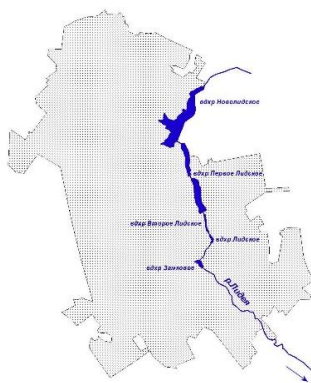


**Рисунок 2** – Типы локализации притоков градообразующих рек в городах Беларуси

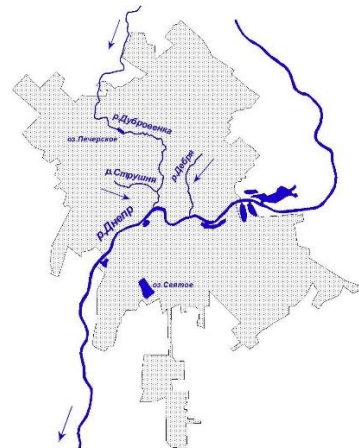
а – г. Солигорск



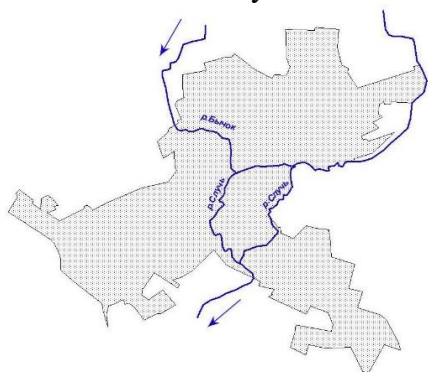
б – г. Лида



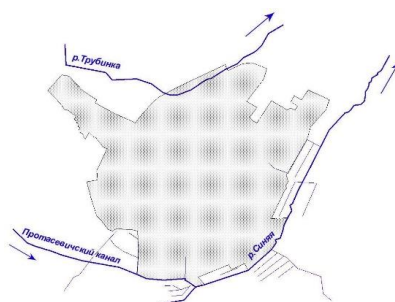
в – г. Могилев



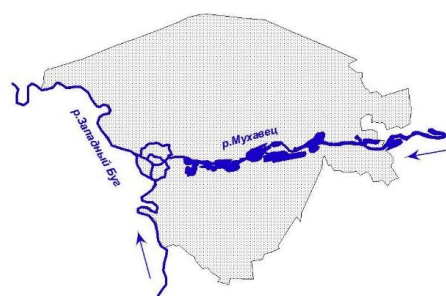
г – г. Слуцк



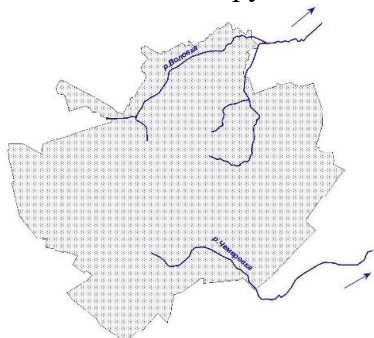
д – г. Осиповичи



е – г. Брест



ж – г. Новогрудок



- а – гранично-водоемный гранично-лучевой;
- б – гранично-диаметрально-амфиладный;
- в – диаметральный радиально-лучевой древовидный;
- г – гранично-диаметрально-бифуркационный радиально-лучевой;
- д – периферийно-граничный параллельный;
- е – граничный диаметрально-лучевой устьевой;
- ж – радиально-центробежный

**Рисунок 3** – Примеры типов гидрографической сети города, обладающих дополнительными классификационными признаками

Оценка структуры и пространственной организации гидрографической сети крупных, больших и средних городов Беларуси с учетом их обеспеченности поверхностными водными объектами позволила выделить несколько групп городов по благоприятности условий устойчивого развития городских геотехсистем.

1. Наиболее благоприятные условия: тип гидрографической сети относится к гранично-диаметральному с радиально- или гранично-лучевым положением притоков и долей земель под водными объектами более 3 % (Витебск, Гомель, Бобруйск, Орша и Полоцк).

2. Благоприятные условия:

- тип гидрографической сети относится к диаметральному, гранично-диаметральному или периферийно-диаметральному с радиально- или гранично-лучевым положением притоков и долей земель под водными объектами от 1,3 до 3 % (Минск, Могилев, Гродно, Жодино, Кобрин, Слоним, Слуцк и Сморгонь);

- тип гидрографической сети относится к граничному или периферийно-граничному с диаметральным-, периферийно- или гранично-лучевым положением притоков и долей земель под водными объектами более 3 % (Брест, Мозырь, Новополоцк, Кричев и Речица).

### 3. Относительно благоприятные условия:

- тип гидрографической сети относится к гранично-диаметральному с гранично-лучевым положением притоков и долей земель под водными объектами от 1,0 до 1,3 % (Борисов и Лида);

- тип гидрографической сети относится к граничному или периферийно-граничному с диаметральным-, периферийно- или гранично-лучевым положением притоков и долей земель под водными объектами от 1,3 до 3 % (Пинск, Вилейка, Волковыск, Горки, Рогачев и Светлогорск).

### 4. Наименее благоприятные условия:

- тип гидрографической сети относится к граничному или периферийно-граничному с гранично-лучевым положением притоков или без них и долей земель под водными объектами менее 1,5 % (Барановичи, Жлобин, Марьяна Горка и Молодечно);

- сильно трансформированная гидрографическая сеть из-за мелиорации (Береза, Дзержинск, Ивацевичи, Калинковичи и Лунинец);

- тип гидрографической сети относится к редкому и доля земель под водными объектами менее 1,0 % (Солигорск, Новогрудок и Осиповичи).

**Заключение.** Наиболее благоприятная ситуация по косвенному показателю обеспеченности городов поверхностными водными объектами характерна для Орши, Мозыря, Гомеля, Новополоцка и Бреста, где доля земель под водными объектами составляет 5,41–7,97 %. Для средних городов Беларуси максимальные значения отмечаются в Дзержинске (4,48 %), Кричеве (4,20) и Полоцке (4,05 %), для таких городов как Речица, Жодино, Кобрин, Слоним, Вилейка и Горки обеспеченность составляет 2,02–3,57 %. Наиболее проблемными городами по данному показателю являются Солигорск, Жлобин, Калинковичи, Марьяна Горка, Молодечно, Новогрудок и Осиповичи, где доля земель под водными объектами ниже 1%.

Благоприятная ситуация для устойчивого развития городских геотехсистем складывается там, где тип гидрографической сети относится к гранично-периферийному или гранично-диаметральному с радиально-лучевым или гранично-лучевым положением притоков (Минск, Брест, Витебск, Гомель, Гродно, Могилев, Бобруйск, Мозырь, Новополоцк, Орша, Жодино, Кобрин, Кричев, Полоцк, Речица, Слоним, Слуцк и Сморгонь). В наименее благоприятном положении находятся города, где тип гидрографической сети граничный или гранично-периферийный с гранично-лучевым положением притоков или вовсе без них, с редкими типами гидрографической сети, а также с сильно трансформированной гидрографической сетью за счет мелиорации (Барановичи, Солигорск, Береза, Дзержинск,



Жлобин, Ивацевичи, Калинковичи, Лунинец, Марьина Горка, Молодечно, Новогрудок и Осиповичи).

### Список цитированных источников

1. Волшаник, В. В. Классификация городских водных объектов / В. В. Волшаник, А. А. Суздалева. – М. : Изд-во АСВ, 2008. – 112 с.
2. Кадацкая, О. В. Гидрографическая сеть урбанизированных территорий как элемент формирования природного каркаса города / О. В. Кадацкая, Е. В. Санец, Е. П. Овчарова // Современные проблемы ландшафтоведения и геоэкологии: материалы VI Междунар. науч. конф. (к 110-летию со дня рождения профессора В. А. Дементьева), Минск, 13–16 нояб. 2018 г. / редкол.: А. Н. Витченко (гл. ред.) [и др.]. – Мн. : БГУ, 2018. – С. 194–196.
3. Кадацкая, О. В. Системообразующая роль гидрографической сети в организации природного каркаса города / О. В. Кадацкая, Е. В. Санец, Е. П. Овчарова // Природопользование. – 2020. – № 1. – С. 39–47.
4. Публичная кадастровая карта [Электронный ресурс] – URL: <http://map.nca.by/map.html> (дата доступа 18.05.2020).
5. Реестр земельных ресурсов Республики Беларусь [Электронный ресурс] – URL: [https://www.gki.gov.by/ru/activity\\_branches-land-reestr/](https://www.gki.gov.by/ru/activity_branches-land-reestr/) (дата доступа: 06.06.2022).
6. Сычева, А. В. Ландшафтная архитектура / А. В. Сычева. – М. : Изд. дом «ОНИКС 21 век», 2004. – 110 с.

УДК 631.81:633.11

## АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРОЛОНГИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ (ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ)

*К. А. Перевертин<sup>1</sup>, И. М. Баматов<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцева, Москва, Россия, [perevertink@mail.ru](mailto:perevertink@mail.ru)

<sup>2</sup>Почвенный институт им. В. В. Докучаева, Москва, Россия, [ibragim-1991@mail.ru](mailto:ibragim-1991@mail.ru)

### Аннотация

Несмотря на значительный прогресс в развитии систем агрохимии, применение традиционных форм и систем удобрений не позволяет использовать весь потенциал вносимых элементов питания, так как процессы неполной денитрификации, иммобилизация и выщелачивание (вымывание) основных макроэлементов (NPK), наряду с действием уреазы приводят к непроизводительным потерям питательных веществ в почве. Кроме экономических потерь имеют место негативные экологические последствия – эвтрофикация водоёмов, эмиссия парниковых газов. Перспективным, как с экономических, так и с экологических позиций направлением является применение УПД (удобрений пролонгированного действия), оптимизирующих, в том числе, агрохимические показатели почв.