

ISSN 1810-9810 (Print)  
УДК 550.4:551.4 (476)

**В. А. Рыжиков, Ю. А. Романкевич, С. В. Савченко, Р. М. Зайн Эль-Динь**

*Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь  
e-mail: ryghik24@tyt.by, yuliya\_romankevich@mail.ru, svscience@rambler.ru, rostmcfc@mail.ru*

## **РАНЖИРОВАНИЕ ГОРОДОВ БЕЛАРУСИ ПО УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВ К ТЕХНОГЕННЫМ ХИМИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ**

Основу предложенного ранжирования составляет информация о функциональном статусе города, его ландшафтной принадлежности и гранулометрическом составе почв, которые определяют эколого-химическое состояние почвенного покрова в пределах городской территории. Данное ранжирование позволяет оценивать урбанизированные территории по их способности противостоять техногенным нагрузкам.

**Ключевые слова:** ландшафтная принадлежность, гранулометрический состав почв, функциональный статус города, техногенная нагрузка

**U. A. Ryzhikau, J. A. Ramankevich, S. V. Savchenko, R. M. Zain El-Dzin**

*Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus,  
e-mail: ryghik24@tyt.by, yuliya\_romankevich@mail.ru, svscience@rambler.ru, rostmcfc@mail.ru*

## **RANKING OF BELARUSIAN CITIES BY SUSTAINABILITY OF SOILS TO TECHNOGENIC CHEMICAL PRESSURE**

The ranking is based on information on the functional status of the city, its landscape structure and particle size distribution of soils. These indicators determine the ecological and chemical state of the soil cover within an urban area. This rankings makes it possible to evaluate the urbanized territories by their ability to withstand the technogenic impact.

**Keywords:** landscape affiliation, granulometric composition of soils, functional status of the city, technogenic impact

**У. А. Рыжыкаў, Ю. А. Раманкевіч, С. В. Саўчанка, Р. М. Зайн Эль-Дзін**

*Інстытут прыродакарыстання Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, Мінск, Беларусь  
e-mail: ryghik24@tyt.by, yuliya\_romankevich@mail.ru, svscience@rambler.ru, rostmcfc@mail.ru*

## **РАНЖИРОВАНИЕ ГОРОДОВ БЕЛАРУСИ ПО УСТОЙЧИВОСТИ ГЛЕБЫ К ТЕХНОГЕННЫМ ХИМИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ**

Основу предлагаемого ранжирования составляет информация об функциональном статусе города, его ландшафтной принадлежности и гранулометрическом составе глеб, которые определяют эколого-химический статус почвенного покрова в пределах городской территории. Данное ранжирование позволяет оценивать урбанизированные территории по их способности противостоять техногенным нагрузкам.

**Ключевые слова:** ландшафтная принадлежность, гранулометрический состав глеб, функциональный статус города, техногенная нагрузка

**Введение.** На территории Беларуси насчитывается 115 городов общей площадью по данным Министерства статистики более 2,9 тыс. км<sup>2</sup>, что составляет около 1,4 % от общей площади страны. Ежегодно в городах увеличивается количество населения, растет плотность городской застройки, строятся новые промышленные объекты, увеличивается парк автомобильного транспорта, что способствует росту количества выбрасываемых в атмосферный воздух загрязняющих веществ и объемов промышленных и бытовых отходов. Все это приводит к преобразованию или полной трансформации почв и почвообразующих пород, естественного растительного покрова, условий залегания грунтовых вод и др.

Техногенные факторы, которые воздействуют на почвы в пределах города, условно можно разделить на три группы: механические, физические и химические [1]. Среди механических факторов, воздействующих на почвы, можно выделить засыпку и срезание естественных почв в результате нивелирования городского рельефа, их запечатывание асфальтом и бетоном, захлывание поверхности почвы, переуплотнение корнеобитаемого слоя. Следствием физических факторов воздействия на почвы является развитие процессов водной и ветровой эрозии,

нарушение водного (подтопление и иссушение) и теплового (промерзание и тепловое загрязнение) балансов почв. Химическое воздействие проявляется в загрязнении почв токсичными веществами (тяжелыми металлами, нефтепродуктами, ПАУ, ПХБ и др.), нарушении кислотно-щелочных условий, изменении окислительно-восстановительного потенциала.

Для городских территорий наиболее значимыми, оказывающими приоритетное влияние на биоту и человека, большинство авторов выделяют химические факторы воздействия [1–3], так как продукты техногенеза с воздушными или водными потоками поступают на земную поверхность, накапливаются в верхних горизонтах почв и вновь включаются в природные и техногенные циклы миграции. В результате пыления незадернованных городских почв, а также аккумуляции загрязняющих веществ в сельхозпродукции, выращиваемой на территории городов, возникает риск поступления поллютантов в организм человека [1].

В настоящее время в научной литературе приводится большое количество данных о химическом состоянии почв многих промышленных городов России, Украины, Беларуси и др. [1–3]. В то же время работы, в которых бы оценивалась устойчивость городских почв к химическим нагрузкам, учитывалась их способность к самоочищению, не столь многочисленны [2]. В этой связи обоснование методических приемов к оценке устойчивости городских почв к химическим нагрузкам по широкому перечню показателей является актуальным направлением исследований, так как позволяет дифференцировать города по устойчивости городской территории к техногенным воздействиям и выявить территории, в большей или меньшей степени способные противостоять техногенным нагрузкам.

**Методика исследований.** В научной литературе понятие устойчивости природных систем (почв, ландшафтов, геосистем и т.д.) к техногенным нагрузкам трактуется по-разному, но несмотря на многообразие определений, большинство авторов под устойчивостью понимает способность природных систем противостоять техногенному воздействию (потенциальный запас буферности и способность к самоочищению) [4] или способность к восстановлению «нормального функционирования» (восстановление исходных природных свойств) [5, 6]. В зависимости от трактовки используются различные критерии при оценке устойчивости территорий: глубина расчленения рельефа и величина поверхностного стока [7]; особенности ландшафтно-геохимических барьеров и их способность противостоять техногенному воздействию, которая выражается в мобилизации и переводе загрязняющих веществ в недоступные для биоты малоподвижные формы [4]; тип биологического круговорота и класса водной миграции, а также миграционные коэффициенты, характеризующие интенсивность этих процессов [8]; высотная принадлежность ландшафтов; степень развитости почвенного профиля; каменистость; плотность; гранулометрический состав; тип водного режима почв [9].

Несмотря на различия подходов и критериев оценки устойчивости почв к химическим нагрузкам большинство из них базируется на основах учения о геохимии ландшафтов, которые учитывают условия миграции и аккумуляции загрязняющих веществ.

Таким образом, при оценке устойчивости почв городских ландшафтов к химическим нагрузкам целесообразно учитывать факторы, определяющие латеральный и радиальный вынос загрязняющих веществ. По мнению М.А. Глазовской, оценка геохимической устойчивости почв должна производиться с учетом их положения в пределах элементарных ландшафтно-геохимических систем и их геохимически сопряженных рядов [4]. Соответственно в пределах одного ландшафтно-геохимического сопряжения с однородным климатическим фоном и сходными кислотно-щелочными условиями скорость химических реакций и вынос загрязняющих веществ будут определяться геоморфологическим положением территории и гранулометрическим составом почв.

Исходя из этого, для ранжирования ландшафтов по устойчивости почв к химическим нагрузкам факторы, их определяющие, можно разделить на две основные группы: факторы, обеспечивающие латеральный вынос загрязняющих веществ за пределы элементарного ландшафта и факторы, обеспечивающие радиальный вынос загрязняющих веществ за пределы элементарного ландшафта.

Дифференциация по первому фактору позволяет в самом общем виде определить устойчивость почв конкретного ландшафта в зависимости от его принадлежности к группам возвышенных, средневысотных или низменных ландшафтов (табл. 1). Из возвышенных ландшафтов загрязняющие вещества будут активно выноситься, из средневысотных интенсивность их выноса будет ниже, в то же время в низменных ландшафтах будет происходить накопление загрязняющих веществ.

Следовательно, возвышенные (элювиальные) ландшафты отличаются максимальной устойчивостью к загрязнению, низменные (супераккумулятивные) – минимальной устойчивостью, средневысотные (трансэлювиальные) ландшафты занимают промежуточное положение. Таким образом, по устойчивости к химическому загрязнению данные группы ландшафтов соответственно подразделяются на устойчивые, относительно устойчивые и неустойчивые [9].

Факторы, обеспечивающие радиальный вынос загрязняющих веществ определяются главным образом гранулометрическим составом почв и их гумусированностью. Так, почвы «легкого» гранулометрического состава (пески, супеси), как правило, обеднены органическим веществом и способны быстрее проводить радиальные потоки. Почвы, богатые илистыми частицами (суглинки, глины) и органическим веществом (торф), обладают более высокой сорбционной способностью [5]. Таким образом, почвы различного гранулометрического состава, который определяет радиальный вынос загрязняющих веществ и соответственно устойчивость почв к химическому загрязнению, можно по аналогии с ландшафтами также разделить на устойчивые (песчаные почвы), относительно устойчивые (супесчаные), неустойчивые (суглинистые, глинистые и торфяные почвы) (см. табл. 1).

Вышеуказанные факторы, определяющие природную составляющую поведения загрязняющих веществ в городских ландшафтах, не учитывают техногенные потоки загрязняющих веществ, которые в условиях города могут существенно различаться в зависимости от наличия или отсутствия на городской территории значительного количества различных источников поступления в окружающую среду загрязняющих веществ. Следовательно, третьим фактором, который необходимо учитывать при оценке почвенного потенциала городов, является уровень техногенной нагрузки и степень загрязнения городской среды.

Об уровне техногенной нагрузки в городах в первую очередь можно судить по степени загрязнения депонирующих сред, в частности почв, однако данные о состоянии почв городов весьма ограничены. В настоящее время имеется информация о состоянии почв Минска, Светлогорска, Гомеля, Гродно, Мозыря, Березовки, Новополоцка [2] и городов, включенных в перечень объектов Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь (НСМОС), в которых осуществляется наблюдение за химическим загрязнением городских почв [10].

Косвенным признаком, который позволяет судить об уровне техногенной нагрузки, является функциональный статус города в общехозяйственной классификации (промышленный, агропромышленный, туристско-рекреационный и т.д.). Очевидно, что максимальный уровень техногенной нагрузки характерен для крупных промышленных городов, а минимальный – для малых аграрных и туристско-рекреационных городов. Промежуточное положение занимают агропромышленные населенные пункты.

Согласно данным мониторинга техногенного загрязнения почв, проводимого в рамках НСМОС в городах различного категориального статуса [10, 11], максимальное загрязнение нефтепродуктами и тяжелыми металлами характерно для крупнейших, крупных, средних и малых городов, относящихся к категории промышленных. Относительно невысокое содержание данных загрязнителей почв наблюдается в пределах агропромышленных городов и низкое – аграрных, туристско-рекреационных и природоохранных. Таким образом, по уровню техногенной нагрузки исследуемые города условно можно разделить на устойчивые (аграрные,

Т а б л и ц а 1. Критерии устойчивости почв к химическим нагрузкам

| Критерии выделения \ Категория устойчивости | Устойчивые  | Относительно устойчивые | Неустойчивые          |
|---------------------------------------------|-------------|-------------------------|-----------------------|
| Ландшафтная принадлежность                  | Возвышенные | Средневысотные          | Низменные             |
| Гранулометрический состав почв              | Песчаные    | Супесчаные              | Суглинки, глины, торф |

туристско-рекреационные и природоохранные), относительно устойчивые (агропромышленные) и неустойчивые (промышленные).

На основании вышеперечисленных трех факторов (функционального статуса города, его ландшафтной структуры и гранулометрического состава почв в пределах городской территории) составлена матрица, на одной из осей которой отражена способность ландшафтов пропускать латеральные водные потоки, содержащие тяжелые металлы и прочие загрязняющие вещества, на другой – гранулометрический состав пород, влияющий на промывной режим и определяющий способность ландшафтов пропускать радиальные водные потоки, на третьей – уровень техногенной нагрузки, определяемый функциональным статусом города.

Для классификации городов по сочетанию данных признаков осуществлялась балльная оценка, при которой каждой категории устойчивости были присвоены баллы: группа ландшафтов (низменные – 1, средневысотные – 2, возвышенные – 3); гранулометрический состав почв (суглинистые, глинистые и органогенные – 1, супесчаные – 2, песчаные – 3); функциональный статус города (промышленный – 1, агропромышленный – 2, аграрный, туристско-рекреационный, природоохранный – 3). Далее рассчитывался общий балл для каждого города по трем показателям. В результате города были объединены в группы: города, территории которых неустойчивы к техногенным нагрузкам (1,00–1,40 балла), относительно неустойчивые (1,41–1,80 балла), среднеустойчивые (1,81–2,20 балла), относительно устойчивые (2,21–2,60 балла) и устойчивые (2,61–3,00 балла).

**Результаты исследований и их обсуждение.** Согласно [9], группа возвышенных ландшафтов, относящихся к категории устойчивых к химическим нагрузкам, включает холмисто-моренно-озерные, холмисто-моренно-эрозионные, камово-моренно-озерные, лессовые ландшафты. К средневысотным относятся ландшафты: моренно-озерные, вторично-моренные, моренно-зандровые, водно-ледниковые с озерами, вторичные водно-ледниковые. Группу низменных ландшафтов образуют озерно-ледниковые, аллювиальные террасированные, пойменные речные долины и нерасчлененные комплексы с преобладанием болот.

Для анализа ландшафтной принадлежности каждого города использовалась ландшафтная карта Белорусской ССР М 1:600 000 [12]. Границы ландшафтов уточнялись с использованием ландшафтной карты каждого административного района М 1:100 000 [13] и физико-географической карты М 1:100 000 (для идентификации абсолютных отметок на территории города). Отнесение городов к той или иной категории устойчивости к химическому воздействию осуществлялось исходя из анализа преобладающих на городской территории групп ландшафтов. На основании полученных данных города были сгруппированы по следующим категориям устойчивости к химическим нагрузкам (табл. 2).

К категории устойчивых отнесены города (около 24 %), в пределах которых преобладают преимущественно возвышенные ландшафты (рис. 1). Как видно из табл. 2, большинство городов данной категории расположены в пределах холмисто-моренно-эрозионных и лессовых ландшафтов, меньшее их количество относится к территориям с холмисто-моренно-озерными и камово-моренно-озерными ландшафтами.

К категории относительно устойчивых относится около 48 % рассматриваемых городов, в границах которых преобладающими являются средневысотные ландшафты. Большая часть городов

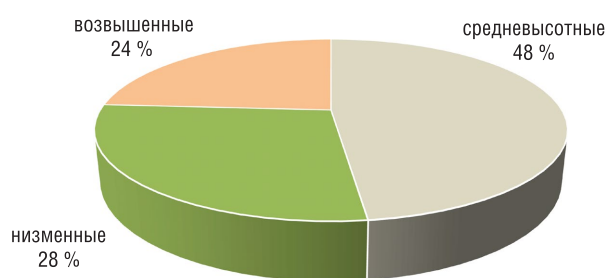


Рис. 1. Структура городов по категориям устойчивости в зависимости от группы ландшафтов, преобладающих на их территории

расположена в пределах вторично-моренных, моренно-зандровых и вторичных водно-ледниковых ландшафтов, в меньшей степени – моренно-озерных и водно-ледниковых с озерами ландшафтов (рис. 1).

Около 28 % городов Беларуси, в пределах территории которых преобладают низменные ландшафты, по устойчивости к химическим нагрузкам можно отнести к категории неустойчивых. Это города, преимущественно расположенные в пределах Полесской ландшафтной

**Т а б л и ц а 2. Ранжирование городов по категориям устойчивости в зависимости от преобладающих на их территории групп и родов ландшафтов**

| Категория устойчивости         | Группа ландшафта             | Род ландшафта                | Города                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Устойчивые</b>              | Возвышенные, 200–346 м       | Холмисто-моренно-озерные     | Новолукомль, Лепель, Мядель, Круглое, Славгород                                                                                                                                    |
|                                |                              | Холмисто-моренно-эрозионные  | Воложин, Заславль, Гродно, Косово, Копыль, Новогрудок, Дзержинск, Ошмяны, Клецк, Любань, Логойск, Фаниполь, Минск, Мозырь                                                          |
|                                |                              | Каменно-моренно-озерные      | Браслав, Поставы                                                                                                                                                                   |
|                                |                              | Лессовые                     | Мстиславль, Горки, Дубровно, Толочин, Барань, Орша                                                                                                                                 |
| <b>Относительно устойчивые</b> | Средневозвышенные, 150–200 м | Моренно-озерные              | Миоры, Витебск, Чашники, Глубокое, Сенно                                                                                                                                           |
|                                |                              | Вторично-моренные            | Климовичи, Докшицы, Лида, Сморгонь, Дятлово, Узда, Щучин, Кировск, Пружаны, Бобруйск, Столбцы, Крупки, Бельничичи, Кричев, Чаусы, Чериков, Жодино, Несвиж, Смолевичи, Могилев      |
|                                |                              | Моренно-зандровые            | Ивье, Барановичи, Береза, Ляховичи, Костюковичи, Буда-Кошелево, Иваново, Солигорск, Чечерск, Гомель                                                                                |
|                                |                              | Водно-ледниковые с озерами   | Островец, Городок                                                                                                                                                                  |
|                                |                              | Вторичные водно-ледниковые   | Молодечно, Свислочь, Белоозерск, Ганцевичи, Осиповичи, Старые Дороги, Червень, Марына Горка, Дрогичин, Высокое, Ельск, Малорита, Ивацевичи, Хойники, Жлобин, Вилейка, Слуцк, Шклов |
| <b>Неустойчивые</b>            | Низменные, 100–150 м         | Озерно-ледниковые            | Скидель, Василевичи, Калинковичи, Наровля, Светлогорск, Ветка, Житковичи, Лунинец, Микашевичи, Полоцк, Новополоцк, Брест, Жабинка                                                  |
|                                |                              | Аллювиальные террасированные | Мосты, Березовка, Быхов                                                                                                                                                            |
|                                |                              | Пойменные                    | Рогачев, Давид-Городок, Кобрин, Пинск, Добруш, Петриков, Туров, Каменец, Речица, Столин                                                                                            |
|                                |                              | Нерасчлененные речные долины | Березино, Борисов, Волковыск, Кличев, Слоним, Верхнедвинск, Дисна                                                                                                                  |

провинции, захватывающей Брестскую, Гомельскую и частично Минскую области. Большинство городов данной категории в своих пределах характеризуются преобладанием озерно-ледниковых, пойменных ландшафтов и ландшафтов нерасчлененных речных долин (рис. 1).

Для анализа почвенной принадлежности каждого города использовалась почвенная карта Белорусской ССР М 1:600 000 [14] и карта педогеохимического районирования Белорусской ССР [15]. Отнесение городов к той или иной категории устойчивости к химическому воздействию осуществлялось на основе анализа гранулометрического состава почв, преобладающих на городской территории (табл. 3, рис. 2). Как видно из табл. 3, к категории устойчивых относятся

**Т а б л и ц а 3. Ранжирование городов по категориям устойчивости в зависимости от гранулометрического состава почв**

| Категория устойчивости         | Гранулометрический состав почв | Города                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Устойчивые</b>              | Песчаные                       | Березино, Березовка, Брест, Вилейка, Добруш, Ельск, Ивацевичи, Кличев, Кобрин, Малорита, Микашевичи, Молодечно, Мосты, Рогачев, Светлогорск, Климовичи, Борисов, Волковыск, Иваново, Наровля, Осиповичи, Островец, Свислочь, Старые Дороги, Узда, Чаусы, Червень, Щучин, Новополоцк, Славгород                                                                                                       |
| <b>Относительно устойчивые</b> | Супесчаные                     | Барановичи, Белоозерск, Бобруйск, Василевичи, Верхнедвинск, Воложин, Высокое, Ганцевичи, Докшицы, Дрогичин, Дятлово, Жлобин, Жодино, Ивье, Калинковичи, Каменец, Лида, Ляховичи, Чечерск, Ветка, Гомель, Горки, Гродно, Дисна, Лунинец, Новолукомль, Петриков, Солигорск, Столбцы, Витебск, Глубокое, Городок, Заславль, Лепель, Марына Горка, Минск, Поставы, Сенно, Шклов, Полоцк, Смолевичи       |
| <b>Неустойчивые</b>            | Суглинистые, торфяные          | Барань, Бельничичи, Браслав, Буда-Кошелево, Быхов, Дзержинск, Дубровно, Кировск, Клецк, Копыль, Несвиж, Косово, Костюковичи, Кричев, Крупки, Любань, Миоры, Круглое, Могилев, Мозырь, Житковичи, Мстиславль, Мядель, Новогрудок, Орша, Ошмяны, Пружаны, Толочин, Фаниполь, Хойники, Чашники, Логойск, Береза, Сморгонь, Пинск, Речица, Скидель, Давид-Городок, Жабинка, Слоним, Слуцк, Столин, Туров |



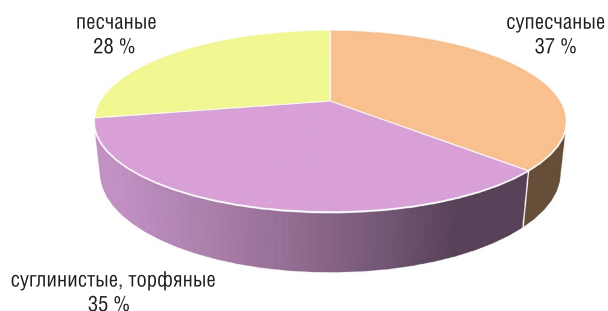


Рис. 2. Структура городов по категориям устойчивости в зависимости от гранулометрического состава почв

города, в пределах которых представлены почвы с преобладанием песчаных фракций и небольшим содержанием тонкодисперсных частиц ( $< 0,001$  мм). В почвах таких городов наиболее интенсивно должны проявляться процессы радиального выноса загрязняющих веществ. На долю городов, относящихся к этой категории устойчивости, приходится 28 % от всех рассматриваемых населенных пунктов (рис. 2).

К группе относительно устойчивых относятся города, на территории которых преобладают почвы супесчаного гранулометрического состава. На долю городов данной группы приходится около 37 %. Около 35 % составляют города, в почвенном покрове которых преобладают почвы тяжелого гранулометрического состава (суглинки), и города, в пределах которых находятся почвы с высокой долей органической составляющей (торф).

Для определения функционального статуса города использовалась методика, предложенная Г.В. Ридевским [16]. Степень загрязнения почвенного покрова оценивалась по данным мониторинга техногенного загрязнения почв НСМОС [10, 11]. На основании этих данных города были сгруппированы по устойчивости к техногенным нагрузкам (табл. 4).

Т а б л и ц а 4. Ранжирование городов по уровню техногенной нагрузки в зависимости от их функционального статуса

| Категория устойчивости  | Функциональный статус города                       | Города                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Устойчивые              | Аграрные, туристско-рекреационные, природоохранные | Белыничи, Высокое, Дубровно, Ивье, Свислочь, Сенно, Чечерск, Дрогичин, Старые Дороги, Туров, Браслав, Заславль, Каменец, Лепель, Логойск, Миоры, Мядель, Несвиж, Новогрудок                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Относительно устойчивые | Агропромышленные                                   | Береза, Березино, Буда-Кошелево, Верхнедвинск, Ветка, Воложин, Ганцевичи, Глубокое, Городок, Давид-Городок, Дисна, Докшицы, Дятлово, Ельск, Жабинка, Житковичи, Иваново, Ивацевичи, Кировск, Круглое, Климовичи, Кличев, Копыль, Костюковичи, Крупки, Любань, Ляховичи, Малорита, Мстиславль, Наровля, Островец, Ошмяны, Петриков, Пружаны, Славгород, Смолевичи, Столбцы, Столин, Толочин, Узда, Фаниполь, Чаусы, Чашники, Червень, Чериков, Щучин                        |
| Неустойчивые            | Промышленные                                       | Барань, Барановичи, Белоозерск, Березовка, Бобруйск, Борисов, Брест, Быхов, Василевичи, Вилейка, Витебск, Волковыск, Гомель, Горки, Гродно, Дзержинск, Добруш, Жлобин, Жодино, Калинковичи, Клецк, Кобрин, Косово, Кричев, Лида, Лунинец, Марьина Горка, Микашевичи, Минск, Могилев, Мозырь, Молодечно, Мосты, Новолукмоль, Новополоцк, Орша, Осиповичи, Пинск, Полоцк, Поставы, Речица, Рогачев, Светлогорск, Скидель, Слоним, Слуцк, Сморгонь, Солигорск, Хойники, Шклов |

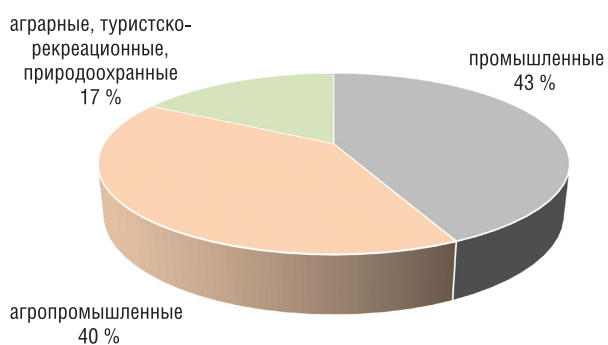


Рис. 3. Структура городов с разным функциональным статусом

К категории устойчивых относятся аграрные, туристско-рекреационные и природоохранные города, имеющие минимальную техногенную нагрузку. На их долю приходится около 17 % от общего количества городов. К группе относительно устойчивых относятся агропромышленные города с относительно невысокой техногенной нагрузкой, доля которых составляет около 40 %. К категории неустойчивых относятся промышленные города с высоким уровнем техногенной нагрузки (около 43 %) (рис. 3).

В результате компиляции полученных характеристик (ландшафтной структуры на территории городов, гранулометрического состава почв и функциональной принадлежности каждого города) выполнена балльная оценка городской территории и произведена группировка городов по устойчивости городских почв к химическим нагрузкам (табл. 5). Как видно из табл. 5, к категории устойчивых относятся города с аграрным, туристско-рекреационным и природоохранным статусом, расположенные на возвышенных ландшафтах с преобладанием на городской территории песчаных и супесчаных почв. К данной группе относится 15 % городов Беларуси.

К относительно устойчивым относятся агропромышленные, аграрные, туристско-рекреационные и природоохранные города, территории которых приурочены к возвышенным и средневозвышенным ландшафтам с песчаными и супесчаными почвами. Эта довольно многочисленная группа, на долю которой приходится 18 % населенных пунктов.

К категории среднеустойчивых относится широкий перечень городов, различных по соотношению определяющих их ландшафтный, почвенный и функциональный статус: промышленные города с преобладанием на городской территории возвышенных ландшафтов с преимущественно супесчаными почвами; промышленные города со средневысотными ландшафтами и песчаными почвами; агропромышленные города с возвышенными ландшафтами и суглинистыми, и органогенными почвенными разновидностями; агропромышленные города со средневысотными ландшафтами и супесчаными почвами; агропромышленные города с низменными ландшафтами и песчаными почвами; аграрные, туристско-рекреационные, природоохранные города со средневысотными ландшафтами и суглинистыми, органогенными почвами; аграрные, туристско-рекреационные, природоохранные города с преобладанием низменных ландшафтов и преимущественным распространением супесчаных почв. К данной группе относится 27 % городов страны (табл. 5, рис. 4).

Т а б л и ц а 5. Ранжирование городов по устойчивости к химическому загрязнению

| Неустойчивые<br>(1,00–1,40 балла)                                                                                                                  | Относительно неустойчивые<br>(1,41–1,80 балла)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Средне-устойчивые<br>(1,81–2,20 балла)                                                                                                                                                                                                                                                      | Относительно устойчивые<br>(2,21–2,60 балла)                                                                                                                                     | Устойчивые<br>(2,61–3,00 балла)                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Быхов, Василевичи, Давид-Городок, Жабинка, Калинковичи, Кричев, Лунинец, Могилев, Пинск, Полоцк, Речица, Скидель, Слоним, Слуцк, Сморгонь, Хойники | Барань, Барановичи, Белоозерск, Березовка, Береза, Бобруйск, Борисов, Брест, Буда-Кошелево, Верхнедвинск, Ветка, Волковыск, Витебск, Гомель, Дзержинск, Дисна, Добруш, Житковичи, Жлобин, Жодино, Кировск, Клецк, Кобрин, Косово, Костюковичи, Крупки, Лида, Марьина Горка, Микашевичи, Мозырь, Мосты, Новополоцк, Орша, Петриков, Пружаны, Рогачев, Светлогорск, Солигорск, Столин, Туров, Чашники, Шклов | Белыничи, Березино, Вилейка, Высокое, Ганцевичи, Глубокое, Горки, Городок, Гродно, Докшицы, Дятлово, Копыль, Круглое, Любань, Кличев, Ляховичи, Минск, Миоры, Молодечно, Мстиславль, Наровля, Несвиж, Новолукомль, Осиповичи, Ошмяны, Поставы, Сенно, Смолевичи, Столбцы, Толочин, Фаниполь | Браслав, Воложин, Дубровно, Дрогичин, Ельск, Иваново, Ивацевичи, Ивье, Каменец, Климовичи, Логойск, Малорита, Мядель, Новогрудок, Островец, Узда, Чаусы, Червень, Чериков, Щучин | Заславль, Лепель, Славгород, Старые Дороги, Свислочь, Чечерск |

Относительно неустойчивые – это промышленные города, приуроченные к возвышенным ландшафтам с преобладанием суглинистых и органогенных почв; промышленные города со средневысотными ландшафтами и супесчаными почвами; промышленные города с низменными ландшафтами и песчаными почвами; агропромышленные города со средневысотными ландшафтами и суглинистыми, и органогенными почвами; агропромышленные города с низменными ландшафтами и супесчаными почвами; города с аграрным,

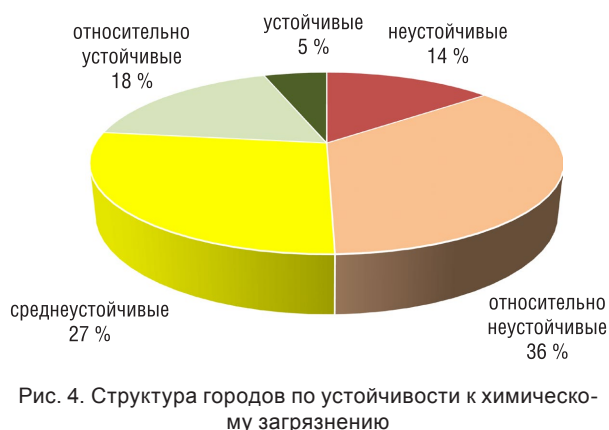


Рис. 4. Структура городов по устойчивости к химическому загрязнению

туристско-рекреационным и природоохранным статусом, приуроченные к низменным ландшафтам, с преимущественным распространением суглинистых и органогенных почв. Данная группа городов включает 36 % населенных пунктов (рис. 4).

К неустойчивым к химическим нагрузкам на почвы относятся промышленные города с низменными ландшафтами и суглинистыми, и органогенными почвами, с низменными ландшафтами и супесчаными почвами; промышленные города со средневысотными ландшафтами и суглинистыми, и органогенными почвами; агропромышленные города с низменными ландшафтами с преобладанием суглинистых и органогенных почв. Доля этой группы – 14 % от общего числа городов Беларуси.

**Выводы.** Таким образом, проведенные исследования позволили разработать методические подходы к оценке устойчивости почв к химическому воздействию, в основу которых положена информация о функциональном статусе города, его ландшафтной структуре и гранулометрическом составе почв, и на этой основе провести ранжирование городов Беларуси по устойчивости их территорий к техногенным нагрузкам.

Установлено, что наибольшим потенциалом устойчивости к химическим нагрузкам обладают аграрные, туристско-рекреационные города и города с природоохранным статусом, расположенные на возвышенных ландшафтах с преимущественным распространением песчаных и супесчаных почв.

Наибольшей техногенной уязвимостью обладают промышленные города с низменными ландшафтами с различными по гранулометрическому составу почвами, промышленные города со средневысотными ландшафтами с преимущественным распространением на их территории суглинистых и органогенных почв, а также агропромышленные города с низменными ландшафтами и распространенными в их пределах суглинистыми и органогенными почвами. Данные города отнесены к категории неустойчивых к техногенным нагрузкам.

Данная классификация имеет прикладное значение и может быть использована в градостроительном проектировании при учете размещения различного рода промышленных производств, а также для разработки природоохранных мероприятий на территории городов, наиболее уязвимых к техногенным нагрузкам.

### Список использованных источников

1. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация; под ред. акад. РАН Г.В. Добровольского / М.И. Герасимова [и др.]. – Смоленск: Ойкумена, 2003.
2. Хомич, В.С. Экогеохимия городских ландшафтов Беларуси / В.С. Хомич, С.В. Какарека, Т.И. Кухарчик. – Минск, 2004. – 260 с.
3. Экогеохимия городских ландшафтов; под ред. Н.С. Касимова. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 333 с.
4. Глазовская, М.А. Методология эколого-геохимической оценки устойчивости почв как компонента ландшафта / М.А. Глазовская // Изв. РАН. Сер. Географическая. – 1997. – № 3. – С. 19–29.
5. Солнцева, Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов / Н.П. Солнцева. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 376 с.
6. Дьяконов, К.Н. Устойчивость и инерционность геосистем / К.Н. Дьяконов, А.Н. Иванов // Вестн. МГУ. Сер. 5. География. – 1991. – С. 28–34.
7. Снытко, В.А. Миграция вещества, техногенез и самоочищающая способность ландшафтов Прибайкалья / В.А. Снытко, С.А. Филиппова, С.В. Дьякова // География и природные ресурсы. – 1992. – № 3. – С. 49–56.
8. Нечаева, Е.Г. Ландшафтно-геохимический подход к изучению устойчивости геосистем / Е.Г. Нечаева // География и природные ресурсы. – 1997. – № 3. – С. 34–39.
9. Струк, М.И. Оценка устойчивости территории административных районов Беларуси / М.И. Струк, А.А. Хомич, В.А. Бакарасов // Природопользование. – 2001. – Вып. 7. – С. 57–60.
10. Национальная система мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь, 2015–2018 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ecoinfo.by/content/647.html/>. – Дата доступа: 11.10.2019.
11. Состояние природной среды Беларуси. Экологический бюллетень 1995–2016 гг.; под ред. В.Ф. Логинова. – Минск, 1996–2017.
12. Ландшафтная карта Белорусской ССР. М 1:600000. – ГУГК, 1984.
13. Энциклопедия природы Беларуси: в 5 т. – Т. 1–5. – Минск, 1983–1986.
14. Почвенная карта Белорусской ССР. М 1:600000. – ГУГК, 1984.
15. Петухова, Н.Н. Геохимия почв Белорусской ССР / Н.Н. Петухова. – Минск, 1987.
16. Ридевский, Г.В. Функциональная типология административных районов и классификация городов Республики Беларусь / Г.В. Ридевский // География: проблемы выкладки. – 2004. – № 1. – С. 3–14.

Поступила 17.10.2019