

С. С. Виноградова

БУФЕРНАЯ ЕМКОСТЬ ПОЧВ КАК ИХ СПОСОБНОСТЬ К ПОДЩЕЛАЧИВАНИЮ

102

На основе результатов собственных исследований почв Калининграда охарактеризована способность их буферной емкости к подщелачиванию и выявлены основные причины отклонений полученных показателей от фоновых значений. Предложен ряд способов повышения емкости городских почв.

The results of the author's studies of Kaliningrad soil help characterize its buffer capacity to alkalization and identify the main reasons for the differences between the obtained and background values. The author proposes a set of methods to increase the buffering capacity of soils.

Ключевые слова: городские почвы, буферная емкость, кислотно-щелочной баланс почв.

Key words: urban soil, buffering capacity, acid-base balance.

Введение

Проблема сохранения условий городской среды, приемлемых для жизни биоты и человека, делает актуальным вопрос о способности почв поддерживать экологический баланс. Почвы — основа всех наземных ландшафтов, в том числе и городских. В соответствии с этим почвы в большей степени, чем другие компоненты ландшафта, характеризуют экосистемы любого ранга, что позволяет оценить их устойчивость.

В глобальных масштабах происходит закисление почв и вод, а в локальных, например в городах, может происходить их защелачивание. Для Калининградской области характерно выпадение кислых осадков. Городские почвы имеют щелочную реакцию среды. Изменение кислотно-щелочных условий почвенного покрова приводит к угнетению его микрофлоры и растительности, изменяет характер миграции химических элементов и соединений, в том числе токсичных (Hg, Pb, As, Zn, Se и др.). Буферная емкость почв к подщелачиванию чаще всего определяется прямым методом непрерывного потенциометрирования.

Почвы, как ядро экосистем суши, служат центральным звеном миграции, преобразования и аккумулирующей средой для различных веществ, в том числе и загрязняющих. По М.А. Глазовской, устойчивость почв к техногенным воздействиям является в значительной мере проблемой геохимической устойчивости к техногенезу природных и антропогенных ландшафтов в целом [5].



Буферность — это свойство почвы препятствовать изменению ее реакции (рН) под действием кислот и щелочей. Чем больше в почвенном растворе солей сильных оснований и слабых кислот, тем более буферна почва по отношению к кислым удобрениям; соли слабых оснований и сильных кислот буферны к щелочным удобрениям. Мерой буферности служит количество $m \cdot экв$ кислоты или щелочи, необходимое для того, чтобы изменить величину рН 100 г почвы на единицу [2; 13].

Буферная емкость определяет способность почвенного раствора сохранять постоянную концентрацию определенных ионов (обычно ионов H^+) при условии, что в растворе протекают химические реакции, или при добавлении к почвенному раствору кислот либо щелочей [7]. Буферность почв к внешним воздействиям зависит от следующих показателей:

1) химические свойства самих почв: кислотно-щелочные условия, состав и емкость ППК, гранулометрический состав и др.;

2) особенности воздействий: химический состав поступающих веществ, интенсивность и продолжительность их поступления [13].

Цели и задачи работы

Цель данного исследования заключается в том, чтобы на основании определения свойства буферной емкости выявить качественные свойства городских почв в Калининграде, существенно важных для их нормального функционирования. В соответствии с целью решаются следующие задачи.

1. Определение наиболее оптимального метода исследования и принципа отбора проб.

2. Анализ буферной емкости почв Калининграда к подщелачиванию.

3. Определение особенностей пространственного распределения буферной емкости почвенного покрова Калининграда к подщелачиванию.

4. Анализ возможных мер увеличения буферной емкости почвенного покрова городов.

Методика и объект исследования

Существует несколько методик определения буферности почв к подщелачиванию. Большинство из них основываются на расчете косвенных показателей, таких как гранулометрический состав, активная или относительная кислотность, содержание органического углерода и др. [1; 3; 4; 6; 9]. Нами применялся прямой метод измерения буферной емкости — метод непрерывного потенциометрирования, основанный на контроле изменения рН водной вытяжки в зависимости от количества добавляемой щелочи, в данной работе 0,1 н NaOH (статистическая ошибка измерений 10 %) [12].

Расчет буферной емкости почв производился по формуле:

$$B = A \cdot 10/n \text{ рН,}$$

где B — буферная емкость почвы, мг · экв/100 г почвы;

A — количество 0,1 н раствора кислоты или щелочи, затраченное на титрование, мл;



10 – коэффициент пересчета (нормальности раствора кислоты или щелочи);

n_{pH} – количество единиц pH между начальной точкой титрования и его окончанием [12].

Глубина отбора почвенных проб составила 0–5 см, их масса – 300–350 г. Путем квартования были отобраны эквивалентные пробы для анализа. Анализ образцов проводился с помощью pH-метра HANNA-210.

Почвы Калининграда в значительной степени утратили зональные признаки. Ведущий процесс почвообразования здесь – антропогенный, что и определяет морфологические признаки городских почв и их химические свойства. На городской территории практически не встречаются естественно-ненарушенные почвы. Небольшие их участки приурочены к городским паркам (ЦПКиО, зона отдыха возле Нижнего пруда), а также к периферийным частям города, занятыми лесами и лесопарками. Такой тип почв характеризуется ненарушенностью залегания почвенных горизонтов [11].

Содержание общего углерода ($C_{общ}$) в Калининграде находится в пределах, характерных для фоновых почв легкого и среднего механического состава, и варьируется от 1 до 2,5 %, с редкими исключениями до 3,5 % в парковых зонах, что свидетельствует о незначительной техногенной геохимической трансформации почв и объясняется, вероятно, небольшим количеством природного органического вещества, возвращающегося в биологический почвенный круговорот газонов, уличных скверов и т.п. [8]. Низкое содержание в почвах города гумусовых веществ и облегченный механический состав почв обуславливают и невысокие значения емкости катионного обмена (ЕКО): 3–19 мг · экв. на 100 г почвы. В фоновых почвах значения ЕКО обычно составляют 8–12 мг · экв. на 100 г почвы [10].

В Калининграде преобладают антропогенные глубоко преобразованные почвы: урбаноземы (характерны для исторического ядра города – ул. Ореховая, Ленинский пр. – зачастую подстилаются фундаментом старых немецких строений, выше которого не наблюдаются генетические горизонты); культуроземы (приурочены к ботаническим садам); некроземы (приурочены к городским кладбищам). Особенно распространены в центральной части города экраноземы, которые формируются под асфальтобетонным покрытием. Также встречаются в Калининграде урботехноземы (в местах массовой застройки). В структуре почвы появляются и не характерные для ее природного аналога горизонты, включения мусора. Горизонты сильно переуплотнены, что приводит к изменению водно-воздушного режима и ухудшению аэрации почвы. В Калининграде изменяется гранулометрический состав почв по сравнению с фоновыми (появляются опесчаненные горизонты).

Для определения буферной емкости городских почв к подщелачиванию были отобраны 93 образца почв по Калининграду. Почвы здесь существенно различаются по показателям щелочной емкости к подщелачиванию. Так, буферная емкость почв придомового участка по ул. Куй-



бышева к подщелачиванию равна $5,7 \pm 0,6$ мг · экв/100 г почвы. Исходное значение pH почвенного образца – 7, при добавлении 1,7 мл 0,1н NaOH pH-уровень увеличился до 10. Увеличение pH происходит резко (рис. 1). Столь малая буферная емкость характерна для городских почв, давно освоенных человеком, со значительной антропогенной нагрузкой.

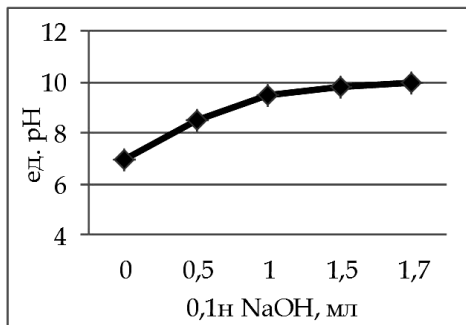


Рис. 1. Буферная емкость почв на ул. Куйбышева (проба 21к)

105

Буферная емкость почв на ул. Горького (возле парковой зоны) равна $16,2 \pm 1,6$ мг · экв/100 г. Эти почвы по своим свойствам близки к природным, о чем можно судить по их слабокислой среде (исходное pH равняется 6,5), по высокой буферной емкости к подщелачиванию ($16,2 \pm 1,6$ мг · экв/100 г), а также по наличию у почвы буферного плато – способности не изменять свой pH-уровень при добавлении щелочи (0,1н NaOH). На графике буферной емкости почв выделяются три зоны: при добавлении 2 мл реагента происходит увеличение pH на 1 единицу; далее наблюдается буферное плато (при добавлении еще двух мл 0,1н NaOH значение pH остается примерно на одном уровне: 7,5–8); при добавлении от начала титрования 4 и до 5,7 мл происходит резкое изменение кислотно-щелочного баланса почвенного образца с 8 до 10 единиц (рис. 2).

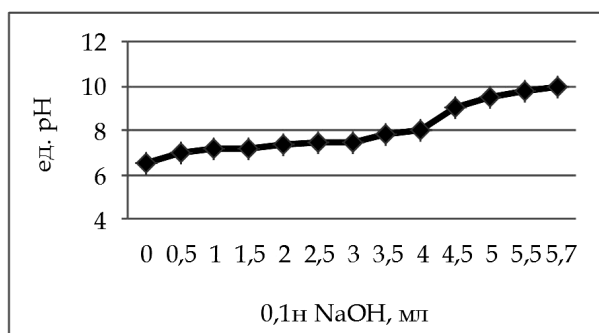


Рис. 2. Буферная емкость почв на ул. Горького (проба 61к)

Назовем основные виды антропогенной деятельности, влияющие на химические и физические свойства почвенного покрова в городах.

1. Промышленное производство: ЖБИ-1 (пос. Прибрежный) и ЖБИ-2 (аллея Смелых), «Золотой петушок» (ул. Дзержинского), кондитерская фабрика (Озёрный проезд) и другие предприятия.

2. Высокая транспортная нагрузка: автомобильный и железнодорожный транспорт.



3. Давняя освоенность территории Калининграда. Долгий период преобладало печное отопление, что приводило к попаданию в почву большого количества золы (щелочная среда).

4. Применение в городах в зимний период большого количества хлорида натрия в качестве антигололедного средства, попадание в почву бытового мусора и карбонатных строительных отходов в большом количестве.

5. Отдельные локальные причины, например наличие угольных складов (ведет к подкислению почвенного покрова), парковых зон и придомовых садовых участков (сохранение природных процессов почвообразования, максимально близких к природным почвам).

Таким образом, уровень городских почв к подщелачиванию в 1,9–2,1 раз ниже, чем у фоновых. Это объясняется несколькими причинами:

1) затухание природных почвообразующих процессов в городских почвах;

2) изменение химических и физических свойств почв в городе: изменение структуры почвенного покрова, гранулометрического состава, изменение pH, содержания общего углерода и других свойств, что приводит к изменению ППК;

3) поступление веществ щелочной природы (в основном NaCl) – антигололедных средств, отходов производства и выхлопов автотранспорта.

У городских почв отсутствует так называемое буферное плато – область графика, в которой не выявляется зависимости между pH почвы и добавляемым реактивом (см. рис. 1). Это объясняется отсутствием у городских почв механизма удерживания pH на определенном уровне. Природные почвы обладают такой способностью и в состоянии до некоторой степени компенсировать воздействие щелочи. Причины таких различий следующие.

1. Изменение pH городских почв вследствие поступления в них в течение многих лет подщелачивающих веществ (хлорид натрия – в качестве антигололедного средства; строительные материалы – известь, цемент; промышленные выбросы). Уровень pH городских почв равен 7–8,5 (среда от нейтральной до слабощелочной и щелочной), а природных – 4–5 единиц pH.

2. Низкая ЕКО (емкость катионного обмена) – 3–19 мг · экв/100 г почвы. Это обусловлено невысоким содержанием в почвах города гумусовых веществ и их гранулометрическим составом (преобладание суглинков легких и средних).

Наряду с почвами с низкой буферной емкостью к подщелачиванию выделяются почвы окраин города со средним уровнем (рис. 3). В них еще протекают природные процессы, характерные для естественных (практически не нарушенных антропогенной деятельностью) почв, такие как оподзоливание, оглеение и другие.

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. Буферная емкость почв Калининграда к подщелачиванию колеблется от 3,6 до 17,2 мг · экв/100 г почвы, а в основном от 5 до 10 мг · экв/100 г.

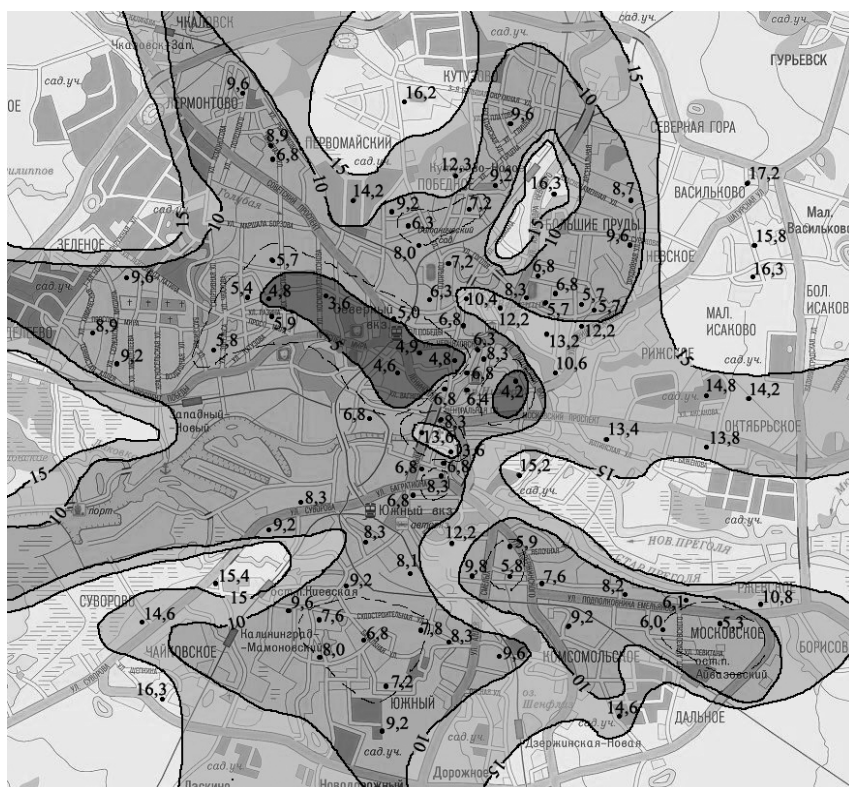


2. Природные фоновые почвы и городские почвы имеют противоположные показатели буферной емкости к подщелачиванию, так как в городских почвах отсутствуют механизмы компенсации изменения pH поступивших веществ.

3. Высокая буферная емкость природных почв к подщелачиванию обусловлена почвообразовательными процессами: оподзоливанием, оглеением, торфонакоплением.

4. В городских почвах природные механизмы нарушены в результате преобладания антропогенного почвообразования над природным: поступление чужеродных для почвы веществ (строительных материалов, ТБО), уменьшение количества поступающей в почву органики.

По результатам анализа, проведенного методом непрерывного потенциометрирования, были выделены ареалы с различными величинами буферной емкости к подщелачиванию (рис. 3).



Буферная емкость почв к подщелачиванию, мг · экв/100 г почвы:



Рис. 3. Схема буферной емкости почвенного покрова Калининграда к подщелачиванию

Обсуждение результатов

Буферная емкость к подщелачиванию почв Калининграда колеблется в пределах от 3,6 до 17,2 мг · экв/100 г почвы. Ареалы с максимальными значениями буферной емкости (более 15 мг · экв/100 г) приурочены к окраинным частям города — Большая Окружная дорога, пойма р. Преголя (за центральной частью города), улицы Суворова и Окружная; с минимальными значениями буферной емкости (менее 5 мг · экв/100 г) — к центральной части города: первый ареал — улицы Гражданская, Пионерская, Фрунзе; второй ареал — площадь Победы, часть Ленинского, Гвардейского проспектов и проспекта Мира, улица Карла Маркса, Театральная, Соммера, Иванникова, Рокоссовского, Чернышевского, Леонова.

108

Наибольшая площадь городских почв относится к ареалам со значениями емкости к подщелачиванию от 5 до 10 мг · экв/100 г (52 % территории города) — категория низкого значения буферной емкости. Значительную часть занимает ареал со значениями более 15 мг · экв/100 г почвы (до 30 % территории города — его периферийная часть) — среднее значение. Оставшиеся 18 % территории приурочены к ареалам со значениями менее 5 (10 %) и 10—15 (8 %) мг · экв/100 г почвы (рис. 4).

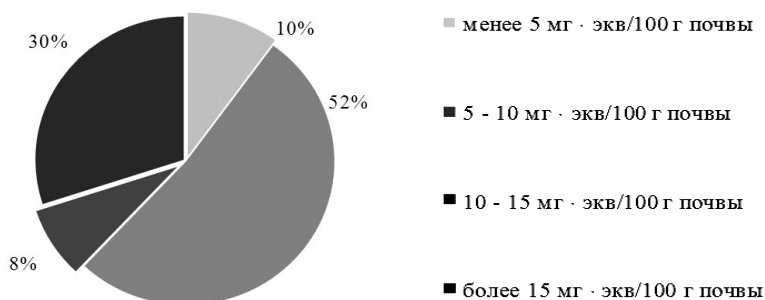


Рис. 4. Диаграмма распределения ареалов почв Калининграда с различными уровнями буферной емкости к подщелачиванию

Выводы и рекомендации

Общая тенденция заключается в снижении буферной емкости почв к подщелачиванию от периферии города к его центру. Это обусловлено увеличением влияния антропогенных факторов от окраин к историческому ядру города, где оказывалось самое длительное по времени и наиболее активное влияние человека на природные процессы, протекающие в почвенном покрове. Происходит механическое нарушение почвенной структуры, внесение отходов строительства; применение химических реагентов (в зимнее время в центре города активно используется в качестве антигололедного препарата хлорид натрия, который подщелачивает почву). Общая тенденция нарушается в центре города, так как там наблюдается интенсивное использование насыпных почв (остров Канта, площадь Победы).

Снижение буферной емкости почв приводит к негативным последствиям. Наиболее оптимальный путь улучшения экологического состояния



почв городов — это не борьба с последствиями, а увеличение буферной емкости почв. Наиболее актуальный вопрос — повышение емкости городских почв к подщелачиванию. Для этого существует ряд способов:

- 1) отсыпание верхнего горизонта почв с высокой емкостью (торфяных);
- 2) промывание верхних горизонтов почв химическими реактивами;
- 3) прекращение поступления подщелачивающих веществ: NaCl, карбонатных отходов строительства и т.д.;
- 4) использование зеленых насаждений;
- 5) внесение органических удобрений, сидераторов.

В каждом конкретном случае необходимо использовать их комплексно.

Список литературы

1. Алексеев В. А. Введение в экологическую геохимию. Краснодар, 1997.
2. Гантимуров И. И. Почвоведение // Общее почвоведение. Новосибирск, 1975. С. 60 — 81.
3. Геннадиев А. Н. Почвы и время: модели развития. М., 1990.
4. Глазовская М. А. Опыт классификации почв по устойчивости к техногенным кислотным воздействиям // Почвоведение. 1990. №9. С. 82 — 96.
5. Глазовская М. А. Проблемы и методы оценки эколого-геохимической устойчивости почв и почвенного покрова к техногенным воздействиям // Почвоведение. 1999. №1. С. 114 — 124.
6. Добровольский В. В. Геохимия почв и ландшафтов. М., 2009.
7. Добровольский В. Г., Никитин Е. Д. Экология почв. М., 2006.
8. Минеев В. Г. Агрохимия, биохимия и экология почвы. М., 1990.
9. Мотузова Г. В. Экологический мониторинг почв. М., 2007.
10. Напрасникова Е. В. Изучение экологического состояния городских почв (на примере Иркутска) // География и природные ресурсы. 2003. №3. С. 57 — 60.
11. Пальгунов, Н. В., Самеев С. Б. Использование лабораторных экспресс-методов для оценки качества почв в городских условиях // Экологические системы и приборы. 2007. №7. С. 57 — 60.
12. Салихова Е. В., Савостина О. А. Почвенно-геохимическая оценка состояния среды г. Калининграда // Экологические проблемы Калининградской области и Балтийского региона. Калининград, 2001. С. 26 — 32.
13. Экологический атлас Калнининграда. Карта загрязнения и состояния почв. М 1:25000. Калининград, 1999.
14. David L. Rowell von Springer. Bodenkunde: Untersuchungsmethoden und ihre Anwendungen. Berlin, 1997. S. 34 — 152.
15. Sukopp H., Wittig R. Stadtökologie. Ein Fachbuch für Studium und Praxis. Stuttgart, 1998.

Об авторе

Светлана Сергеевна Виноградова — асп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.
E-mail: vinogradov.39@mail.ru

About authors

Svetlana Vinogradova, PhD student, Baltic Federal University, Kaliningrad.
E-mail: vinogradov.39@mail.ru