

УДК 631.421.2

*А. С. Тихонова, С. П. Каплина, И. З. Каманина***Состояние почвенного покрова пгт. Кесова гора Тверской области**

Работа посвящена исследованию почв поселка городского типа (пгт.) Кесова Гора Тверской области. Пробы отобраны по случайно-упорядоченной сетке с учетом функционального зонирования территории. В почвах определены основные агрохимические показатели (рНвод, рНсол, органический углерод, сумма обменных оснований, легкорастворимые фосфаты, обменный калий), а также тяжелые металлы (Cd, Pb, Cu, Zn). Рассчитан коэффициент концентрации химического вещества (Kс) и суммарный показатель загрязнения (Zс) относительно регионального фона, проведено районирование территории по степени загрязнения почвенного покрова.

Ключевые слова: почва, тяжелые металлы, населенный пункт, экологическое состояние окружающей среды.

Об авторах

Тихонова Алёна Сергеевна – магистрант кафедры экологии и наук о Земле Государственного университета «Дубна».

Каплина Светлана Петровна – кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и наук о Земле Государственного университета «Дубна».

Каманина Инна Здиславовна – доцент, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и наук о Земле Государственного университета «Дубна».

Почвы, измененные человеком или сформировавшиеся под его воздействием как случайно, так и целенаправленно, улучшенные по сравнению с природными и полезные человеку, или, напротив, техногенно загрязненные, опасные для его здоровья, выполняют целый ряд экологических функций. Качество выполнения этих функций зависит от многих факторов, но в первую очередь от экологического состояния почв. Почвенная индикация и картографирование является одним из основных методов оценки экологического состояния населенных пунктов [5].

В почвы населённых мест постоянно поступают загрязнители из атмосферы, на многих почвах изменяется растительность под влиянием выпаса, пожаров, рубки леса, распашки и гидротехнической мелиорации [2], это влечет за собой деградацию и перерождение зональных естественных биоценозов, приводит к снижению их общей продуктивности, нарушениям метаболизма как отдельных живых организмов, так и экосистем в целом [8]. Занимая центральное место в биосфере и являясь начальным звеном всех трофических цепей, загрязненная почва может стать источником вторичного загрязнения атмосферного воздуха, водоемов,

подземных вод, продуктов питания растительного происхождения и кормов животных и тем самым влиять на эколого-гигиеническую обстановку в целом [5].

Анализ распределения геохимических показателей, полученных в результате апробирования почв по регулярной сети, дает пространственную структуру загрязнения селитебных территорий и воздушного бассейна, позволяя выделить зоны риска для здоровья населения [6].

В настоящее время исследования по оценке состояния почвенного покрова в основном проводят в крупных городах и промышленных центрах, в то время как малые населенные пункты, к которым относятся и поселки городского типа, остаются не изученными. В связи с этим изучение почв данной категории населенных пунктов представляет особую актуальность.

Объект и методы исследования

Были исследованы почвы поселка городского типа Кесова Гора Тверской области. Посёлок расположен на берегу реки Кашинка (левый приток р. Волги), на востоке области, в 32 км от Кашина, в 50 км от Бежецка, в 180 км от Твери, недалеко от границы с Ярославской областью и является центром Кесовогорского района. Общая площадь поселка составляет 31,14 км², население – 3768 человек (на 01.01.2016 г.) [1].

Почвенный покров в районе исследования характеризуется значительной неоднородностью, обусловленной ландшафтным разнообразием, пестротой почвообразующих пород и дифференциацией рельефа. Основным зональным генетическим типом почв являются дерново-подзолистые почвы в сочетании с дерново-подзолисто-глееватыми и дерново-подзолистыми глеевыми почвами. По гранулометрическому составу – суглинистые почвы на лёссовидных суглинках. Незначительную долю занимают супесчаные и песчаные почвы (16%) [1].

Пробы были отобраны в 2015 г. из верхнего горизонта 0–10 см по случайно-упорядоченной сетке с частотой 1 проба на 1 км² с учетом функционального зонирования территории [4; 6] (рисунок). Всего было отобрано 22 пробы. Образцы почв были проанализированы на следующие показатели: рНвод, рНсол, гидролитическая кислотность, гигроскопическая вода, органический углерод (по методу Тюрина), сумма поглощенных оснований, легкорастворимые фосфаты, обменный калий, а также валовое содержание тяжелых металлов (Cd, Pb, Cu, Zn) методом атомной абсорбции. Все полученные данные были подвергнуты статистической обработке.



Рисунок. Картосхема точек пробоотбора почв на территории пгт. Кесова Гора Тверской области

На основе полученных результатов была проведена оценка состояния почв на территории пгт. Кесова гора согласно МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест» [6]. В качестве санитарно-гигиенического норматива согласно ГН 2.1.7.2511-09 [3] были приняты следующие значения ориентировочно-допустимой концентрации (ОДК): Pb – 130 мг/кг, Zn – 132 мг/кг, Cd – 2 мг/кг, Cu – 220 мг/кг.

Кроме этого, полученные результаты содержания тяжелых металлов в почве сравнивались с фоновыми концентрациями. В качестве регионального фона для данного района исследования были приняты следующие значения: Pb – 15 мг/кг, Zn – 45 мг/кг, Cd – 0,12 мг/кг, Cu – 15 мг/кг [7].

Оценка уровня химического загрязнения почв как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения проводится по показателям, разработанным при сопряженных геохимических и геогигиенических исследова-

ниях окружающей среды городов с действующими источниками загрязнения. Такими показателями являются коэффициент концентрации химического вещества (Kc) и суммарный показатель загрязнения (Zc). Коэффициент концентрации химических элементов (Kc) определяется отношением фактического содержания определяемого вещества в почве (Ci) в мг/кг к региональному фоновому (Cф): $Kc = Ci/Cф$. Суммарный показатель загрязнения (Zc) равен сумме коэффициентов концентрации химических элементов-загрязнителей и рассчитывается по формуле: $Zc = \sum (Kci + \dots + Kcn) - (n - 1)$, где Kci – коэффициент концентрации i-го компонента загрязнения; n – число определяемых веществ [6].

Результаты и обсуждение

Результаты исследования агрохимических характеристик почв пгт. Кесова Гора Тверской области представлены в табл. 1.

Таблица 1. Агрохимические показатели почв пгт. Кесова Гора Тверской области

Показатель	\bar{X}	Min	Max	<i>D</i>	Med
pНвод.	7,20	6,01	8,57	0,41	7,22
pНсол.	6,53	5,17	7,83	0,70	6,51
Гигроскопическая влага, %	1,99	0,74	3,40	0,50	1,84
Органический углерод, %	2,97	0,46	5,68	2,00	2,80
Гумус, %	5,12	0,78	9,79	5,95	4,83
Гидролитическая кислотность, %	2,91	2,10	3,78	0,38	2,83
Сумма поглощенных оснований, мг-экв/100г	41,79	40,95	42,75	0,33	41,70
P ₂ O ₅ , мг/100 г почвы	16,24	1,30	27,77	529,85	16,38
K ₂ O ₅ , мг/100 г почвы	32,65	0,60	59,65	2167,05	30,12

Примечание: \bar{X} – среднее значение, min – минимум, max – максимум, *D* – дисперсия, med – медиана

Результаты исследования показали, что почвы пгт. Кесова Гора характеризуются слабокислым, нейтральным и среднешелочным значениями рН от 5,17 до 7,83. Большинство отобранных проб (68%) имеют сдвиг в щелочную сторону, что не характерно для естественных дерново-подзолистых почв и говорит об антропогенном воздействии. Слабокислые значения (рН 5,1–5,5) выявлены в 32% проб, которые были отобраны на землях, предназначенных для сельскохозяйственного пользования, и на землях промышленных предприятий. Нейтральные значения (рН 6,0–6,6) наблюдаются в 27% проб, отобранных на землях, предназначенных для жилой застройки. Среднешелочные значения (рН 7,1–7,8) выявлены в 41% проб, отобранных на землях 8 промышленных территорий и сельскохозяйственных угодий. Среднее значение рН почвы составляет 6,53, что характеризует антропогенное воздействие на почвы человека, для естественных дерново-подзолистых почв, характерных для района исследования, рН составляет 3,0–5,0. Распределение значения рН по территории посёлка показывает, что в центре посёлка преобладают щелочные почвы, а на окраинах – кислые.

Содержания гумуса в почве на исследуемой территории варьируют от очень низкого (0,78%) до высокого (9,79%). В большинстве отобранных проб (68%) содержание гумуса составляет от 4,05 до 9,79%. Среднее содержание гумуса – 5,12%.

Почвы имеют высокую степень насыщенности основаниями (91–95%), в то время как естественные дерново-подзолистые почвы характеризуются низкой степенью насыщенности (20–70%).

Содержание фосфатов существенно варьирует от 1,32 до 27,76 мг/100 г почвы. Большинство отобранных проб (82%) имеют высокую обеспеченность растений доступными фосфатами. По результатам исследования, содержание легкорастворимых фосфатов в почвах посёлка в среднем составляет 16,24 мг/100 г почвы, что в 2–3 раза больше, чем в естественных дерново-подзолистых почвах (5–7 мг/100 г почвы). Высокие значения содержания фосфатов наблюдаются в центральной части посёлка и на территории полей, где проводилось внесение фосфорных удобрений в период интенсивного сельскохозяйственного использования.

Почвы в районе исследования характеризуются различным содержанием калия от 0,60 до 59,65 мг/100 г почвы. Больше половины отобранных проб (64%) имеют очень высокую обеспеченность растений обменным калием. По результатам исследований было установлено, что в среднем содержание обменного калия в почвах посёлка составляет 32,65 мг/100 г почвы, что почти в 2 раза превышает содержание обменного калия в естественных дерново-подзолистых почвах (20–25 мг/100 г почвы).

Результаты исследования содержания тяжелых металлов в почвах пгт. Кесова Гора представлены в табл. 2.

Таблица 2. Содержание тяжёлых металлов в почве пгт. Кесова гора Тверской области, мг/кг

Элемент	\bar{X}	Min	Max	D	Med
Cd	0,54	0,05	1,57	0,17	0,39
Pb	16,62	3,80	50,19	93,20	17,22
Zn	78,41	62,19	106,08	160,16	74,65
Cu	13,76	9,37	19,88	5,20	13,45

Примечание: \bar{X} – среднее значение, min – минимум, max – максимум, D – дисперсия, med – медиана

Результаты исследования содержания тяжёлых металлов (Cd, Pb, Zn, Cu) в почве пгт. Кесова Гора Тверской области показали, что ни в одной пробе не установлено превышений санитарно-гигиенических нормативов (ОДК) [3]. Однако отмечаются превышения региональных фоновых значений.

Концентрация кадмия в почве варьирует от 0,05 до 1,57 мг/кг, 86% проб превышают региональный фон от 1,5 до 13 раз. Среднее значение Cd составляет 0,54 мг/кг. Относительно высокие концентрации наблюдаются на северо-востоке посёлка, где сосредоточена основная часть промышленных предприятий. Максимальные концентрации выявлены на ул. Грачи (1,57 мг/кг, что в 13 раз выше фона), а также на сельскохозяйственном угодье (1,36 мг/кг, что в 11 раз выше фона), на ул. Мелиоративной (0,98, мг/кг, что в 8 раз выше фона). Также выделяется локальный участок на юго-востоке в районе птицефабрики, содержание Cd превышает фон в 7,5 раз.

Концентрация свинца варьирует от 3,80 до 50,19 мг/кг, 59% проб превышают уровень регионального фона от 1 до 3,3 раз. Среднее значение Pb составляет 16,62 мг/кг. Максимальная концентрация свинца 50,19 мг/кг, что в 3,3 раз выше фона, отмечается на северо-востоке посёлка (ул. Мелиоративная). В непосредственной близости расположено ремонтно-техническое предприятие, хозрасчётный стройучасток и железная дорога.

Концентрация цинка составляет от 62,19 до 106,08 мг/кг. В результате исследования было выявлено, что 100% проб превышают региональный фон от 1,4 до 2,3 раз. Среднее значение

Zn составляет 78,41 мг/кг. Анализ распределения цинка в почве посёлка выявил три локальных участка с превышением регионального фона более чем в 2 раза: на северо-востоке на сельскохозяйственном угодье (106,08 мг/кг), в центральной части посёлка в районе котельной (99,26 мг/кг) и на юго-западе ул. им. Алелюхина (94,79 мг/кг).

Концентрация меди в почве варьирует от 9,37 до 19,88 мг/кг, 23% проб незначительно превышают региональный фон от 1,1 до 1,3 раз. Среднее значение Cu составляет 13,76 мг/кг. Максимальная концентрация отмечается в центральной части посёлка (ул. Ленинская).

Для всех исследуемых тяжёлых металлов был рассчитан коэффициент концентрации химического вещества (Kc) и суммарный показатель загрязнения (Zc). По суммарному показателю загрязнения вся территория пгт. Кесова Гора Тверской области относится к допустимой категории загрязнения почв (Zc менее 16), за исключением участка на ул. Грачи, в районе расположения промышленных предприятий, который характеризуется как умеренно опасное загрязнение (Zc 16–32), основной вклад в загрязнение вносит кадмий.

В связи с этим, особый интерес для населенных пунктов представляет распределение тяжёлых металлов по функциональным зонам.

На территории пгт. Кесова Гора Тверской области были выделены следующие функциональные зоны: промышленная, селитебная, рекреационная и сельскохозяйственная. Содержание тяжёлых металлов в почвах различных функциональных зон представлено в табл. 3.

Таблица 3. Содержание тяжёлых металлов в почвах различных функциональных зон пгт. Кесова Гора, мг/кг

Элемент/зона	Cd	Pb	Zn	Cu
Промзона (n=9)	0,76	20,58	75,86	12,91
Селитебная зона (n=6)	0,36	14,61	78,13	15,18
Рекреационная зона (n=2)	0,27	16,65	78,84	14,63
C/x зона (n=5)	0,61	11,88	81,85	13,14

Анализ данных показал, что максимальные концентрации для Cd и Pb (металлы 1 класса опасности) характерны для почв промышленной зоны, для Zn – в с/х зоне. Cu распределяется равномерно практически по всей территории посёлка. Минимальные концентрации Cd характерны для рекреационной и селитебной зон, Pb – для сельскохозяйственной зоны.

Выводы

Почвы пгт. Кесова Гора в основном характеризуются сдвигом pH в щелочную сторону, что характерно для почв населенных пунктов и является результатом антропогенного воздействия. Содержание гумуса на исследуемой территории варьирует от очень низкого до высокого (от 0,78 до 9,79%). Высокое содержание фосфатов и калия отмечается на территории сельхозугодий и частного сектора. По содержанию тяжёлых металлов ни в одной пробе не выявлено превышений гигиенических нормативов ОДК для почв населённых мест. С учётом классов опасности веществ почвы относятся к слабой степени загрязнения неорганическими веществами. По суммарному показателю загрязнения (Zc) категория загрязнения почв характеризуется как допустимая ($Zc < 16$), кроме участка на северо-востоке посёлка ул. Грачи (т. № 2), который характеризуется как умеренно опасное загрязнение ($Zc 16-32$), в районе дорожно-строительной компании, основной вклад в загрязнение которой вносит Cd (фон превышен в 13 раз).

Содержание тяжелых металлов в почве пгт. Кесова Гора Тверской области превышают фоновые значения: Cu – до 1,3 раз, Zn – до 2,4 раз, Pb – до 3,3 раз, Cd – до 13 раз, что говорит об антропогенной нагрузке на почвенный покров.

Выделяются участки на северо-востоке посёлка: ул. Грачи (т. № 2), с максимальной концентрацией Cd (1,57 мг/кг, что в 13 раз выше фона), ул. Мелиоративная (т. № 3), около железной дороги с максимальной концентрацией Pb (50,19 мг/кг, что в 3,3 выше фона), точка № 6, около дорожно-строительной компании с высоким содержанием Cd (1,36 мг/кг, что в 11 раз выше фона) и Zn (106,08 мг/кг, что в 2 раза выше фона).

Анализ содержания тяжёлых металлов в различных функциональных зонах показал, что максимальные концентрации Cd и Pb характерны для почв промышленной зоны, максимальные концентрации Zn – для сельскохозяйственной зоны, концентрация Cu в различных функциональных зонах варьирует незначительно.

Проведенные исследования показали, что несмотря на то, что пгт Кесова гора является малочисленным населенным пунктом, почвенный покров испытывает определенную антропогенную нагрузку, что в результате приводит к изменению химического состава и свойств естественных почв данного района.

Библиографический список

1. Генеральный план городского поселения посёлок Кесова Гора Кесовогорского района Тверской области. – URL: <http://xn----7sbbfhi8a7aeue.xn--p1ai/novosti.html> (дата обращения: 21.02.2016 г.)
2. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация: учеб. пособие / под ред. Г.В. Добровольского. Смоленск: Ойкумена, 2003. 268 с.
3. ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_88788/73453e950b7550a11d095bf502e9f0017c32861a/ (дата обращения: 21.04.2016 г.)
4. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. – URL: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/21423/> (дата обращения: 10.04.2016 г.)
5. Добровольский Г.В. Почва, город, экология / под ред. Г.В. Добровольского. Фонд «За экономическую грамотность», 1997. 310 с.
6. МУ 2.1.7.730-99. Методические указания. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. М.: Санэпидиздат 1999. 26 с.
7. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. – URL: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/5/5155/ (дата обращения: 5.05.2016 г.)
8. Ушаков С.А. Экологическое состояние территории России: учеб. пособие / под ред. С.А. Ушакова, Я.Г. Каца. М.: Академия, 2001. 128 с.

*Поступила в редакцию
15.01.2018*