

Краткое сообщение

УДК 504.7

<https://doi.org/10.35885/1684-7318-2024-2-245-254>

ОЦЕНКА АССИМИЛЯЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА (ПО УГЛЕРОДУ) ОЗЕЛЕНЁННОЙ ЗОНЫ ГОРОДОВ (НА ПРИМЕРЕ г. ПЕНЗЫ)

О. Н. Федосеев

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
Россия, 440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, д. 28*

Поступила в редакцию 23.05.2023 г., после доработки 24.08.2023 г., принята 19.09.2023 г., опубликована 28.06.2024 г.

Аннотация. Изучена зависимость ассимиляции углерода в смешанных посадках районов г. Пензы от факторов влияния, используемых в алгоритме РОБУЛ. Удельная ассимиляция углерода в городе на 99% зависит от лесистости жилой зоны, ассимиляционного возрастного ранга и среднего конверсионного коэффициента. Наибольшее влияние имеет первый фактор, наименьшее – конверсионный коэффициент. Средняя ассимиляция углерода древесным растением жилой зоны составила 0.199 т/год/га (43.6) кг/год/чел. Наибольшие показатели в районах с лесопарковыми зонами, наименьшие с застройкой не раньше 2000 г. Относительно дыхания населения наблюдается положительный углеродный баланс, в административных границах районов – баланс отрицательный. Сравнение удельных ассимиляций углерода на площадках агломерации г. Пензы, рассчитанных по алгоритму РОБУЛ, и полученной общей регрессионной модели ассимиляции (РМА) показало, что достоверных отличий между ними не имеется при существенной разнице в трудоемкости получения результатов в пользу модели РМА. Модель РМА можно использовать для определения временной динамики ассимиляции углерода, исходя из планируемой площади и состава насаждений. Для максимально возможной доли озеленённой жилой территории г. Пензы в 42.6% потенциальная ассимиляция углерода по модели РМА для смешанных пород составляет 0.44 т/год/га и достигается на 40-й год от посадки деревьев, после чего идет снижение из-за самоизреживания.

Ключевые слова: ассимиляция углерода, моделирование углеродного баланса, лесовосстановительные адаптационные мероприятия

Соблюдение этических норм. В данной работе отсутствуют исследования человека или животных.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Федосеев О. Н. Оценка ассимиляционного потенциала (по углероду) озеленённой зоны городов (на примере г. Пензы) // Поволжский экологический журнал. 2024. № 2. С. 245 – 254. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2024-2-245-254>

✉ Для корреспонденции. Кафедра «Инженерная экология» Пензенского государственного университета архитектуры и строительства.

ORCID и e-mail адрес: Федосеев Олег Николаевич: <https://orcid.org/0000-0002-1011-6205>, OlegF1962@mail.ru.

Введение. Одной из экологических проблем современности является выброс парниковых газов, преимущественно CO₂. Согласно ФЗ № 296 от 02.07.2021 в Пензенской области ведется работа по климатическим проектам, одно из направлений которых – лесомелиорационная и лесовосстановительная. Озеленение, выполняющее в городах гигиенические, экозащитные и рекреационные задачи, имеет собственный потенциал депонирования углерода. В этой связи культивирование городских насаждений является частью общей задачи реализации адаптационных лесотехнических мероприятий. Кроме того, именно в городах сосредоточены основные источники выбросов CO₂, что, с одной стороны, негативно сказывается на качестве городской среды, а с другой – является благоприятным фактором его абсорбции растениями.

Целью работы явилось определение абсорбционной мощности городского озеленения по углероду, а также выяснение зависимости между площадью и составом зон зеленых массивов и абсорбцией углерода.

Материал и методы. Расчет баланса CO₂ в лесонасаждениях районов г. Пензы (рис. 1) проводили в 2022 г. с использованием «Системы региональной оценки бюджета углерода лесов» в ред. распоряжения Минприроды России от 27.12.2018 № 41-р (алгоритм РОБУЛ) (Amendments to the Methodological Guidelines..., 2018).

При расчёте биомассы деревьев были использованы аллометрические коэффициенты модели зависимости объёма дерева от возрастного класса и диаметра ствола (Fedoseev, Khurnova, 2022). Для расчета эмиссии и поглощения CO₂ на основе раздела VIII. «Расчет объема поглощений парниковых газов лесными землями» алгоритма РОБУЛ была разработана оригинальная Excel-программа. Входные таксационные показатели в соответствии с используемым алгоритмом.

1. Площадь участков и площадок определялась по спутниковой Яндекс-карте в масштабе 1:9091 с использованием виртуальной палетки и сводки административного деления г. Пензы.

2. Лесистость (в долях единицы) определялась по проективному покрытию насаждений на спутниковой карте методом G-pel (Agafonkina et al., 2023).

3. Среднее количество растений на 100 м² определяется путём визуального подсчета. Организация выборки производилась стандартным методом и зависела от площади участка пропорционально разнообразию встречающихся условий.

4. Количество растений каждого вида с определением среднего диаметра ствола на высоте 1.3 м с одновременным отнесением растения в группы производилось для молодняков I и II классов, средневозрастных, приспевающих, спелых и перестойных деревьев.

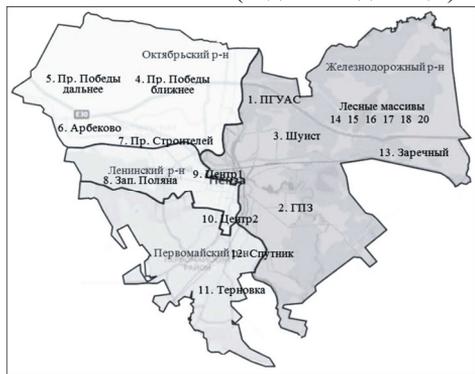


Рис. 1. Расположение площадок забора данных на территории г. Пензы и г. Заречного
Fig. 1. Location of the data acquisition sites on the territory of the Penza city and Zarechny town

ОЦЕНКА АССИМИЛЯЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА

Выходные параметры программы: абсорбция углерода пулом биомассы дровостоя, подстилки, мёртвой древесины, пулом почвы (тонн в год); в переводе на CO₂ (тонн в год) и коэффициент поглощение/выброс CO₂. Ландшафтных пожаров, вырубок, зон осушения торфяников на территории Пензы не имеется.

Исследовано 13 участков во всех районах г. Пензы. На каждом из участков производился замер указанных выше параметров насаждений (10 площадок в каждом, данные в конце усреднялись по району). Производился сбор данных в лесах административной территории г. Пензы (6 площадок). Наименование участков: ПГУАС, ГПЗ, Шуист, пр. Победы, Арбеково, пр. Строителей, Зап. Поляна, Центр 1 и Центр 2, Терновка, Спутник, г. Заречный (см. рис. 1). Всего произведен сбор данных с 136 площадок.

Результаты и их обсуждение. Оценка ассимиляции углерода в районах г. Пензы показала, что наименьшими удельными показателями в жилой зоне отличается Железнодорожный район (табл. 1). Это связано с незначительной лесистостью его участков в «молодых» микрорайонах – ГПЗ и Шуиста. В лесных массивах, окружающих селитебную зону районов, удельная ассимиляция почти не отличается и она более чем в 8 раз выше, чем в селитебной зоне.

Таблица 1. Ассимиляция углерода в различных районах г. Пензы
Table 1. Carbon assimilation in various areas of the Penza city

Ассимиляция углерода / Assimilation of carbon	Район / District			
	Железнодорожный (ПГУАС, ГПЗ, Шуист, Заречный) / Zheleznodorozhny (PGUAS, GPZ, Shuist, Zarechny)	Ленинский (Центр1, Зап. Поляна) / Leninsky (Downtown1, Zap. Polyana)	Октябрьский (просп. Победы, Арбеково, просп. Строителей) / Oktyabrsky (prosp. Victories, Arbekovo, prosp. Builders)	Первомайский (Центр2, Терновка, Спутник) / Pervomaisky (Downtown 2, Temovka, Sputnik)
Жилая зона / Residential zone	0.168 803.4	0.218 411.8	0.213 1229.6	0.216 236.7
Леса / Woods	1.672 15812.9	1.679 692.6	1.673 3417.1	1.675 1675.0
Адм. границы / Administrative borders	1.142 16616.4	0.402 883.5	0.569 4414.4	0.382 764.7

Примечание. В числителе – т/год/га, в знаменателе – т/год
Note. In the numerator – t/year/ha, in the denominator – t/year.

В административных границах Железнодорожный район на первом месте, так как включает в себя большой лесной массив с восточной части города. Он дает более 70% суммарной городской ассимиляции. По г. Пензе средневзвешенная ассимиляция углерода деревьями в жилой зоне составляет 0.199 т/год/га, в абсолютных показателях – 22679 тонн в год. Исходя из численности населения г. Пензы (520 тыс. чел.) это 43.6 кг/год/чел.

При основном обмене человек выдыхает в год 105120 л CO₂ (Chuchalin, 2017), что составит при плотности CO₂ в нормальных условиях 1.9768 г/л – 0.208 т, в пересчете на углерод – 0.057 т. Для населения Пензы в 2023 г. выброс углерода в процессе дыхания составит 29843 т/год. Таким образом, ассимиляция углерода в жилой зоне города не обеспечивает даже выброс углерода, образующегося при

дыхании людей с дефицитом 7164 т, не говоря уже об остальных источниках эмиссии углерода.

Ассимиляция углерода древостоем зависит от возраста, плотности и породного состава. Данные Луиссара с соавторами (Luysaert et al., 2008) показывают, что продукция в молодых лесах является незначительной, далее (к средним возрастам) она увеличивается, а затем (у спелых и перестойных деревьев) снова снижается. Это подтверждается и данными Стефенсона с соавторами (Stephenson et al., 2014), показывающими, что продукция средневозрастных деревьев выше продукции молодых и старых в 2-3 раза.

Исследования лесов в Белоруссии дали более конкретные результаты (Rozhkov, 2020). Если принять максимальную годовичную абсорбцию в средневозрастной группе сосны в Беловежской пуше за единицу, то ранг возрастных групп распределяется следующим образом: молодняки I и II классов – 0.85; средневозрастные – 1; приспевающие – 0.48; спелые и перестойные – 0.09. Можно сконструировать суммарный ассимиляционный возрастной ранг насаждения, который будет равен сумме произведений долей в соотношении возрастных классов (D) на их ранг (R) (формула 1).

$$A = \sum_{i=1}^n D_i \cdot R_i \quad (1)$$

Показатели породного состава древостоя можно выразить в виде средневзвешенной породно-возрастных конверсионных коэффициентов, используемых в алгоритме РОБУЛ, рассчитанных по формуле 2:

$$KK_{cp} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (K_{ij} \cdot D_i)_j \cdot D_j, \quad (2)$$

где m – число пород, n – число возрастных классов, K_{ij} – частные конверсионные коэффициенты по РОБУЛ (табл. 14 Приложения 2 Системы региональной оценки бюджета углерода лесов (Amendments to the Methodological Guidelines..., 2018)); D_i – доля возрастного класса, D_j – доля породы на участке.

Результаты определения численных показателей факторов влияния представлены в табл. 2. Множественный коэффициент корреляции (R) удельной ассимиляции и организованных факторов влияния составил 0.998 ± 0.033 . Это говорит о том, что выбранные факторы практически полностью определяют результативный признак. Из табл. 3 видно, что некоторые факторы влияния связаны между собой. Так корреляция между лесистостью жилой зоны и средней численностью деревьев озеленённой зоны на 100 м^2 (столбцы 2 и 3) составляет 0.77. Учитывая, что это разные, хотя и связанные показатели, их учет в модели обязателен.

Данные параметры легко можно получить в ходе экспедиционного обследования территории (численность) и методом G-pel (Agafonkina et al., 2023) (лесистость в долях единицы). Установлена средняя по величине степень корреляции между численностью деревьев озеленённой зоны на 100 м^2 и ассимиляционным возрастным рангом. Показатель силы влияния 0.56, достоверность по Фишеру 30.4.

ОЦЕНКА АССИМИЛЯЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА

Таблица 2. Показатели удельной ассимиляции углерода и соответствующие значения факторов влияния

Table 2. Specific carbon assimilation and the corresponding values of the influence factors

Район, площадка / District, site	Удельная ассимиляция, т/год/га / Specific assimilation, t/year/ha	Факторы влияния / Influence factors			
		Лесистость жилой зоны, доли единицы / Residential area forest cover, unit shares	Число деревьев озеленённой зоны на 100 м ² / Number of trees in the green area per 100 м ²	Ассимиляционный возрастной ранг / Assimilation age rank	Средний конверсионный коэффициент / Average conversion coefficient
Столбец / Column	1	2	3	4	5
Железнодорожный район / Zheleznodorozhny district					
ГПЗ / GPZ	0.115	0.258	2.8	0.449	0.381
ПГУАС / PGUAS	0.206	0.311	8.0	0.518	0.407
Шуист / Shuist	0.1296	0.301	5.2	0.511	0.385
Заречный / Zarechny	0.222	0.315	9.2	0.585	0.387
Средняя / District average	0.168±0.027	0.296±0.013	6.30±1.44	0.516±0.028	0.390±0.006
Ленинский район / Leninsky district					
Центр1 / Downtown 1	0.185	0.299	5.0	0.350	0.408
Зап. Поляна / Zap. Polyana	0.25	0.311	8.1	0.467	0.406
Средняя / District average	0.218±0.032	0.305±0.006	6.55±1.55	0.409±0.059	0.407±0.001
Октябрьский район / Oktyabrsky district					
Арбеково / Arbekovo	0.181	0.302	9.8	0.478	0.396
Строителей / pr. Builders	0.279	0.303	14.9	0.750	0.407
просп. Победы / pr. Victories	0.179	0.306	5.1	0.449	0.404
Средняя / District average	0.213±0.033	0.304±0.001	9.93±2.83	0.559±0.096	0.402±0.003
Первомайский район / Pervomaisky district					
Спутник / Sputnik	0.182	0.294	3.8	0.577	0.385
Центр 2 / Downtown 2	0.161	0.297	3.7	0.345	0.408
Терновка / Ternovka	0.304	0.312	9.3	0.624	0.419
Средняя / District average	0.216±0.045	0.301±0.006	5.6±1.85	0.515±0.086	0.404±0.010
Леса в административных границах города / Forests within administrative borders of the city	0.4 – 1.7	0.3 – 0.9	9.3 – 20.3	0.5 – 0.7	0.3 – 0.4

Как видно на рис. 2, при низкой численности деревьев, которая бывает в старых посадках, ассимиляционный ранг не высокий, к численности около 20 экз. на 100 м² ранг достигает максимума, после чего незначительно снижается. Это находится в соответствии с экологическими законами изменения продуктивности популяции с возрастом и кривой самоизреживания. Связь между ассимиляцией и средним конверсионным коэффициентом не прослеживается, во всех случаях определения связи коэффициенты корреляции оказались не достоверными.

Таблица 3. Частные коэффициенты корреляции удельной ассимиляции углерода и факторов влияния

Table 3. Specific correlation coefficients of specific carbon assimilation and influence factors

Столбцы (см. табл. 2) / Columns (see Table 2)	1	<i>t</i>	2	<i>t</i>	3	<i>t</i>	4	<i>t</i>	5
1	1.00								
2	0.99±0.01	24.8	1.00						
3	0.80±0.25	3.1	0.77±0.11	7.0	1.00				
4	0.52±0.11	4.7	0.47±0.15	3.1	0.78±0.08	9.8	1.00		
5	0.26±0.42	0.6	0.22±0.17	1.3	0.38±4.77	0.1	0.08±0.12	0.7	1.0

Примечание. $t_{st} = \{2.2-3.1-4.3\}$.

Note. $t_{st} = \{2.2-3.1-4.3\}$.

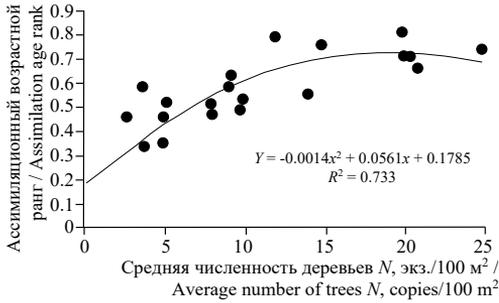


Рис. 2. Зависимость ассимиляционного ранга от численности деревьев
Fig. 2. Assimilation rank dependence on the number of trees

О мультиколлинеарности будет свидетельствовать VIF от 4 и выше. В нашем случае $VIF_{(G, N)} = 2.45$; $VIF_{(G, A)} = 1.28$; $VIF_{(N, A)} = 2.51$, следовательно, мультиколлинеарность факторов оказалась недоказанной и необходимо использовать уравнение 3. Частные связи ассимиляции и факторов влияния показаны на рис. 3.

Оценку значимости включения фактора в общую модель множественной регрессии производили по частному F -критерию. При критическом значении $F > 4.26$ получено $F_{(G)} = 1397.6$; $F_{(N)} = 57.3$; $F_{(A)} = 33.4$, следовательно, все три фактора необходимо учитывать в модели, хотя основное влияние оказывает величина

Таким образом, математическая модель может быть описана следующим образом:

$$U = f(G, N, A), \text{ или } (3)$$

$$U = f(G, N, A_{(N)}), (4)$$

где U – удельная ассимиляция, т/год/га; G – лесистость жилой зоны в долях единицы; N – средняя численность деревьев озеленённой зоны на 100 m^2 , экз.; A – ассимиляционный возрастной ранг (см. формулу 1).

Выбор из предложенных функций можно произвести на основе показателя мультиколлинеарности (VIF).

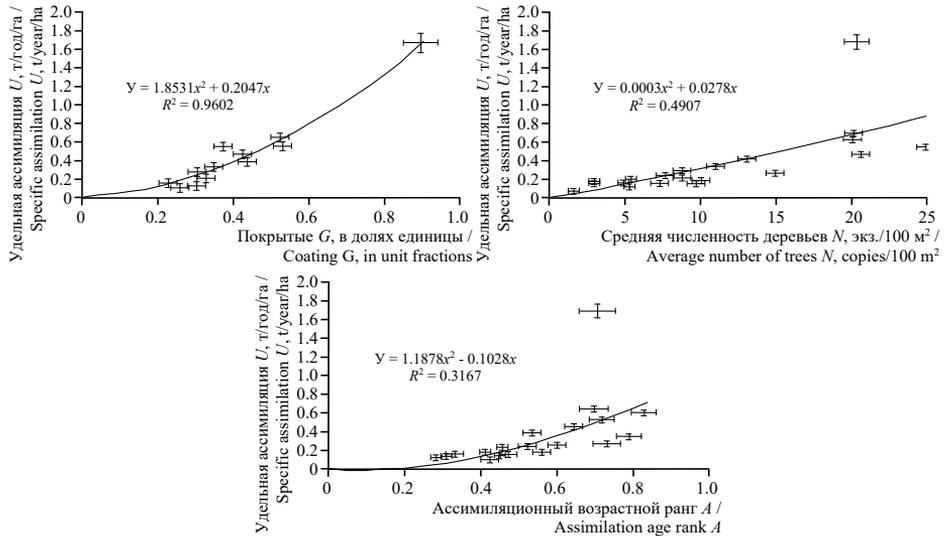


Рис. 3. Зависимости удельной ассимиляции от лесистости жилой зоны и ассимиляционного возрастного ранга

Fig. 3. Specific assimilation dependence on the forest cover of the residential zone and assimilation age rank

ОЦЕНКА АССИМИЛЯЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА

лесистости. Это подтверждается и коэффициентами раздельной детерминации (d). При $\sum d_i^2 = R^2_{(G, N, A)} = 0.993$, $d_{(G)} = 0.933$, $d_{(N)} = 0.038$, $d_{(A)} = 0.022$.

Используя коэффициенты детерминации в организации общей регрессионной модели ассимиляции (РМА), получаем:

$$U = 0.933 \cdot f(G) + 0.038 \cdot f(N) + 0.022 \cdot f(A), \quad (5)$$

где $f(G) = 1.8531G^2 + 0.2047G$, $f(N) = 0.0003N^2 + 0.0278N$, $f(A) = 1.1978A^2 - 0.1029A$.

Результаты сравнения удельной ассимиляции площадок г. Пензы и окрестных лесных массивов, рассчитанных с помощью алгоритма РОБУЛ и модели РМА (рис. 4), показали, что достоверных отличий не имеется. Разность по Пирсону $\chi^2 = 0.28$ при $\chi^2_{st} = \{28.9-34.8-42.3\}$, с относительной погрешностью $20.4 \pm 3.98\%$. Наибольшие отклонения наблюдались на площадках с невысоким уровнем удельной ассимиляции.

Учитывая государственные требования (Приказ Минстроя РФ от 9 июня 2022 г. № 473), зона жилой застройки должна включать не менее 25% озеленённой площади. На примере агломерации г. Пензы видно, что она может достигать 31.5% (см. табл. 3, г. Заречный). Используя метод G-rel, в зелёном псевдодиапазоне яркости 133 – 146 можно найти зоны, соответствующие пустырям. Для г. Заречного они составили 11.1%, таким образом, максимально возможная доля озеленённой территории может достигать 0.43.

Самой высокой ассимиляционной активностью обладает средневозрастной класс древостоя. Учитывая литературные данные (Ivanov et al., 2019), у таких деревьев крона с площадью проекции до 10 м^2 ($N = 10$ шт./ 100 м^2 при ассимиляционном возрастном ранге, равным 1). Используя модель РМА, находим потенциальную ассимиляционную мощность древостоя смешанных пород (по С) для жилой зоны города с населением 0.5 млн чел.

$$f(G) = 1.8531 \cdot 0.43^2 + 0.2047 \cdot 0.43 = 0.431$$

$$f(N) = 0.0003 \cdot 10^2 + 0.0278 \cdot 10 = 0.308$$

$$f(A) = 1.1978 \cdot 1^2 - 0.1029 \cdot 1 = 1.095$$

$$U = 0.933 \cdot 0.431 + 0.038 \cdot 0.308 + 0.022 \cdot 1.095 = 0.438 \text{ т/год/га.}$$

Учитывая проекции деревьев разных групп (по нашим данным: молодняки I и II классов – 5 м^2 , средневозрастные – 10 м^2), в старших группах идет перекрытие крон и проекция не меняется. Показатель G равен для молодняков 0.21, для средневозрастных и старше 0.43. В смешанных насаждениях здоровые приспевающие деревья имеют среднюю плотность (N) 7.7 ± 0.3 , спелые и перестойные 6.5 ± 0.2 шт./ 100 м^2 . При посадке саженцев с плотностью 10 экз./ 100 м^2

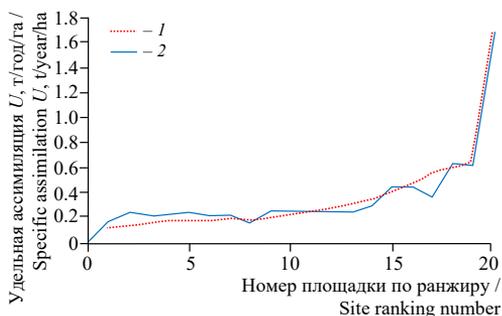


Рис. 4. Результаты определения удельной ассимиляции углерода на исследованных площадках административной территории Пензы с помощью алгоритма РОБУЛ (1) и модели РМА (2)

Fig. 4. Results of our estimation of specific carbon assimilation at the studied sites of the Penza administrative territory using the ROBUL algorithm (1) and RMA model (2)

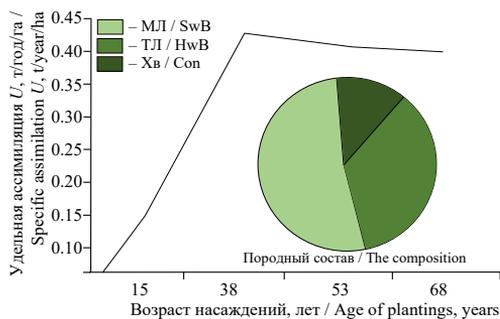


Рис. 5. Зависимость максимальной потенциальной ассимиляции углерода в городских древесных насаждениях от возраста (по модели РМА): МЛ – мягколиственные, ТЛ – твердолиственные и Хв – хвойные породы

Fig. 5. Age dependence of the maximum potential carbon assimilation in urban tree plantations (according to the RMA model): SwB – soft-wooded broadleaf, HwB – hard-wooded broadleaf and Con – coniferous

и среднего конверсионного коэффициента. Наибольшее влияние имеют первые 2 фактора, наименьшее – конверсионный коэффициент.

3. Зависимость между плотностью древостоя и ассимиляционным возрастным рангом находится в соответствии с экологическими законами изменения продуктивности популяции с возрастом и кривой самоизреживания и с высокой достоверностью описывается параболой 2-го порядка.

4. Сравнение удельной ассимиляции на площадках г. Пензы и окрестных лесных массивов, рассчитанных с помощью алгоритма РОБУЛ, и полученной общей регрессионной модели ассимиляции (РМА) показало, что достоверных отличий между ними не имеется при существенной разнице в трудоемкости получения результатов в пользу модели РМА.

5. Для максимально возможной доли озеленённой жилой территории агломерации г. Пензы в 42.6% потенциальная ассимиляция углерода по модели РМА для смешанных пород составляет 0.438 т/год/га и достигается на 40-й год от посадки деревьев.

6. Модель РМА можно использовать для определения динамики ассимиляции углерода, исходя из планируемой площади лесных насаждений или площади посадок из необходимого объема депонирования углерода в результате лесовосстановительных мероприятий.

динамика ассимиляционной мощности насаждения будет следующая (рис. 5). Возраст расчетных групп принят по Н. П. Анучину (Anuchin, 1971).

Выводы. 1. В г. Пензе средняя ассимиляция углерода деревьями в жилой зоне составляет 0.199 т/год/га (43.6) кг/год/чел. Наибольшими показателями отличаются районы с лесопарковыми зонами, наименьшими – районы с застройкой не раньше 2000 г. В жилой зоне относительно дыхания населения наблюдается положительный баланс углерода в атмосфере, в пределах административных границ районов баланс отрицательный (-1.4).

2. Удельная ассимиляция углерода в городе на 99% зависит от лесистости, числа деревьев на 100 м², ассимиляционного возрастного ранга и

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

Agafonkina E. A., Lyashonkova E. V., Mineev A. A., Sudorgina I. V. Determination of the landscaping area using publicly available software. In: *Materials of the VI International Municipal*

Ecological Forum. Kemerovo, Kuzbass State Technical University named after T. F. Gorbachev Publ., 2023, pp. 401.1–401.6 (in Russian).

Amendments to the Methodological Guidelines for Quantitative Determination of the Volume of Greenhouse Gas Uptake, approved by the order of the Ministry of Natural Resources and Environment of Russia No. 20-r dated June 30, 2017. Moscow: Ministry of Natural Resources and Environment of Russia, 2018. Available at: <https://rulaws.ru/acts/Rasporyazhenie-Minprirody-Rossii-ot-27.12.2018-N-41-r/> (accessed March 3, 2023) (in Russian).

Anuchin N. P. *Forest Taxation*. Moscow, Lesnaja promyshlennost, 1971. 512 p. (in Russian).

Chuchalin A. G., ed. *Respiratory Medicine: Manual: in 3 vol. 2nd ed., revision and supplement*. Moscow, Litterra, 2017, vol. 1. 640 p. (in Russian).

Fedoseev O. N., Khurnova L. M. Modeling of the volume of a forest stand in order to quantify the absorption of greenhouse gases. *International Research Journal*, 2022, no. 4 (118), part 2, pp. 125–130 (in Russian). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.094>

Ivanov V. V., Borisov A. N., Petrenko A. E. Influence of stand density on crown formation and growth along the diameter of scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Forestry Journal*, 2019, no. 3, pp. 9–16 (in Russian). <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2019.3.9>

Luyssaert S., Schulze E.-D., Börner A., Knohl A., Hessenmöller D., Law B. E., Ciais Ph., Grace J. Old-growth forests as global carbon sinks. *Nature*, 2008, vol. 455, no. 7210, pp. 213–215. <https://doi.org/10.1038/nature07276>

Rozhkov L. N. Annual age-related absorption of carbon dioxide by pine stands. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2020, no. 2, pp. 64–68 (in Russian).

Stephenson N. L., Das A. J., Condit R., Russo S. E., Baker P. J., Beckman N. G., Coomes D. A., Lines E. R., Morris W. K., Rüger N., Alvarez E., Blundo C., Bunyavejchewin S., Chuyong G., Davies S. J., Duque A., Ewango C. N., Flores O., Franklin J. F., Grau H. R., Hao Z., Harmon M. E., Hubbell S. P., Kenfack D., Lin Y., Makana J.-R., Malizia A., Malizia L. R., Pabst R. J., Pongpat-tananurak N., Su S.-H., Sun I.-F., Tan S., Thomas D., Mantgem P. J. van, Wang X., Wiser S. K., Zavala M. A. Rate of tree carbon accumulation increases continuously with tree size. *Nature*, 2014, vol. 507, no. 7490, pp. 90–93. <https://doi.org/10.1038/nature12914>

Assessment of the assimilation potential (by carbon) of urban green areas (on the example of the city of Penza)

O. N. Fedoseev

*Penza State University Architecture and Construction
28 German Titov St., Penza 440028, Russia*

Received: May 23, 2023 / revised: August 24, 2023 / accepted: September 19, 2023 / published: June 28, 2024

Abstract. The dependence of carbon assimilation in mixed plantings of the Penza city on the influence factors used in the ROBUL algorithm was studied. Specific carbon assimilation in the city by 99% depends on the forest cover of the residential area, assimilation age rank and average conversion coefficient. The first factor has the greatest influence, while the conversion coefficient has the least one. The average carbon assimilation by the tree stand of the residential zone was 0.199 t/year/ha (43.6 kg/year/person). The highest indicators were in districts with forest park zones, the lowest ones were in districts with development not earlier than 2000. A positive carbon balance is observed relative to respiration of the population, but this balance is negative within the administrative borders of districts. A comparison of specific carbon assimilation at the Penza agglomeration sites calculated using the ROBUL algorithm and the obtained general regression assimilation model (RMA) showed no significant differences between them with a significant difference in the labor intensity of obtaining results in favor of the RMA model. The PMA model can be used to determine the temporal dynamics of carbon assimilation based on the planned area and composition of plantations. For the maximum possible share (42.6%) of the green residential area of the Penza city, the potential carbon assimilation according to the RMA model for mixed species is 0.44 t/year/ha and is achieved in 40 years from tree planting, after which there is a decrease due to self-cutting.

Keywords: carbon assimilation, carbon balance modeling, reforestation adaptation measures

Ethics approval and consent to participate: This work does not contain any studies involving human and animal subjects.

Competing interests: The author declares that he has no conflicts of interest.

For citation: Fedoseev O. N. Assessment of the assimilation potential (by carbon) of urban green areas (on the example of the city of Penza). *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2024, no. 2, pp. 245–254 (in Russian). <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2024-2-245-254>

✉ *Corresponding author.* Department of Engineering Ecology, Penza State University of Architecture and Construction, Russia.

ORCID and e-mail address: Oleg N. Fedoseev: <https://orcid.org/0000-0002-1011-6205>, OlegF1962@mail.ru.