

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_454-459

УДК 630\*232

**ОТБОР И ОЦЕНКА ЛУЧШИХ ПО ДЕПОНИРОВАНИЮ УГЛЕРОДА  
ЭКОТИПОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ЛЕСНЫХ  
КУЛЬТУРАХ НА ПОЛИГОНЕ «СТУПИНСКОЕ ПОЛЕ» ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ**  
SELECTION AND EVALUATION OF THE BEST ECOTYPES OF SCOTS PINE FOR  
CARBON DEPOSITION IN GEOGRAPHICAL FOREST CROPS AT THE STUPINSKOYE  
FIELD LANDFILL IN THE VORONEZH REGION

**Чернышов М.П.**, к.с.-х.н., профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Михайлова М.И.**, к.с.-х.н., ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Chernyshov M.P.**, doctor of Agricultural Sciences, Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Mikhailova M.I.**, associate Professor of the Department of Agricultural Sciences, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** географические лесные культуры сосны обыкновенной на полигоне «Ступинское поле», включающие 245 экотипов из разных регионов бывшего СССР, достигли 65-летнего биологического возраста, когда можно делать предварительные выводы об их способности депонировать углерод. Изученные в 2018-2020 гг. лесостепные и степные экотипы характеризуются разной сохранностью, напряженностью роста, санитарным состоянием и продуктивностью. Впервые была предпринята попытка оценить и сравнить между собой разные экотипы в свежих лесорастительных условиях (B<sub>2</sub>) Центральной лесостепи по углерододепонирующей способности. Установлено, что лучшими по депонированию углерода являются следующие экотипы: Уразовский из Белгородской области, Балашовский и Колодезский экотипы из Липецкой области.

**Abstract:** geographical forest crops of Scots pine at the Stupinskoye Field landfill, including 245 ecotypes from different regions of the former USSR, have reached the biological age of 65 years, when preliminary conclusions can be drawn about their ability to deposit carbon. Studied in 2018-2020. Forest-steppe and steppe ecotypes are characterized by different preservation, intensity of growth, sanitary condition and productivity. For the first time, an attempt was made to evaluate and compare different ecotypes in the fresh forest growing conditions (B<sub>2</sub>) of the Central Forest steppe in terms of carbon deposition capacity. It has been established that the following ecotypes are the best in carbon deposition: Urazovsky from the Belgorod region, Balashovsky and Kolodezsky ecotypes from the Lipetsk region.

**Ключевые слова:** географические лесные культуры, сосна обыкновенная, степные и лесостепные экотипы, депонирование углерода.

**Keywords:** geographical forest crops, Scots pine, steppe and forest-steppe ecotypes, carbon deposition.

Изучение количественных и качественных характеристик фитомассы лесных насаждений разного происхождения, возраста, состава, строения, полноты, санитарного состояния и производительности является важной составной частью научных исследований биологической продуктивности лесов Российской Федерации [1, 2, 3]. Комплексная оценка биологической продуктивности (или углерододепонирующей способности) лесов вышла сегодня на международный уровень научных исследований. Сформировалось два основных направления в изучении продуктивности лесов: биогеоценотическое и ресурсоведческое [1]. Обозначилась возрастающая потребность в получении экспериментальных данных пробных площадей, необходимых для расчета углеродного баланса и углерододепонирующего потенциала лесов. Поэтому и в связи с глобальным потеплением климата вопросы определения объема и динамики поглощения с возрастом парниковых газов различными лесными насаждениями стали особенно актуальными. Применительно к географическим лесным культурам сосны эти вопросы ранее не изучались [4, 5, 6].

Исходя из этого одной из целей проводимых комплексных исследований в географических лесных культурах сосны обыкновенной на полигоне «Ступинское поле» стало изучение углерододепонирующей способности разных по административно-территориальному и типологическому происхождению её экотипов. Оценка углеродного пула в лесных экосистемах представляет собой дифференцированную оценку фитомассы древостоев и её составных структурных элементов (наземная, подземная, подлеска, подроста, почвы и др.). Методологической основой изучения углерододепонирующей способности экотипов сосны служили «Методические указания по количественному определению объема поглощения парниковых газов», утвержденные Минприроды России [7].

Ранее было доказано, что интегральным показателем, отражающим текущее природное состояние лесных экосистем, является их биологическая продуктивность, определяемая методами традиционной лесной таксации [1].

Для оценки запасов углерода в надземной биомассе древостоя закладывали пробные площади в каждом географическом экотипе по единой методике [5, 6]. Выявленный на пробных площадях запас сырораствующей древесины на 1 га переводился в весовые углеродные единицы по утвержденной Минприроды методике [7] при помощи конверсионных коэффициентов.

При пересчете запаса древесины растущих деревьев ( $\text{м}^3/\text{га}$ ) в запас депонированного углерода ( $\text{тонн}/\text{га}$ ) в таблице 1 использовали конверсионный коэффициент для припевающих сосновых насаждений равный 0,329.

Рейтинг изучаемых экотипов сосны определялся по запасу депонированного углерода, накопленного только в растущей части древостоев. Из-за высокого природоохранного статуса (региональный памятник природы) усохшие деревья после их гибели сразу удалялись и в сплошной перечет не входили. Фитомасса живого напочвенного покрова из-за мозаичности расположения и его незначительности не учитывалась. Кроме того, в связи с однородностью типов условий местопроизрастания сконцентрированных на полигоне экотипов не учитывалась и фитомасса почвенного покрова (супесчаные почвы).

Полученные результаты, дифференцированные по изученным древостоям двух групп географических экотипов, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Рейтинг перспективности экотипов сосны обыкновенной в географических лесных культурах по углеродепонирующей способности

| № ПП,<br>год за-<br>ладки   | Наименование экотипов             | Сохран-<br>ность<br>деревьев,<br>% | Запас:                                            |                                              | Рейтинг<br>экотипа,<br>балл |
|-----------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------|
|                             |                                   |                                    | древе-<br>сины на<br>корню,<br>м <sup>3</sup> /га | депониро-<br>ванного<br>углерода,<br>тонн/га |                             |
| 1                           | 2                                 | 3                                  | 4                                                 | 5                                            | 6                           |
| Группа лесостепных экотипов |                                   |                                    |                                                   |                                              |                             |
| 1-18                        | Хреновской Воронежской обл.       | 3,54                               | 342                                               | 120,38                                       | III,4                       |
| 2-18                        | Бычковский Воронежской обл.       | 8,77                               | 399                                               | 140,45                                       | IV,0                        |
| 3-20                        | Борский Воронежской обл. (контр.) | 8,46                               | 349                                               | 122,85                                       | III,5                       |
| 4-18                        | Колодезский Липецкой обл.         | 9,69                               | 487                                               | 171,42                                       | IV,9                        |
| 5-20                        | Балашовский Липецкой обл.         | 7,85                               | 522                                               | 183,74                                       | V,2                         |
| 6-18                        | Шаталовский Белгородской обл.     | 8,62                               | 371                                               | 130,59                                       | III,7                       |
| 7-20                        | Уразовский Белгородской обл.      | 8,77                               | 583                                               | 205,22                                       | V,9                         |
| 8-18                        | Платоновский Тамбовской обл.      | 3,65                               | 266                                               | 93,63                                        | II,7                        |
| 9-18                        | Б. Сталинский Курской обл.        | 10,15                              | 462                                               | 162,62                                       | IV,6                        |
| 10-18                       | Краснослободский Брянской обл.    | 8,15                               | 391                                               | 137,63                                       | III,9                       |
| 11-19                       | Каширский Московской обл.         | 8,46                               | 310                                               | 109,12                                       | III,1                       |
| 12-19                       | Монастырский Пензенской обл.      | 6,15                               | 409                                               | 143,97                                       | IV,1                        |
| 13-19                       | Хатынецкий Орловской обл.         | 5,54                               | 353                                               | 124,26                                       | III,6                       |
| 14-19                       | Б. Сталинский Орловской обл.      | 5,08                               | 471                                               | 165,79                                       | IV,7                        |
| 15-20                       | Мурманский Рязанской обл.         | 7,06                               | 339                                               | 119,33                                       | III,4                       |
| 16-20                       | Совиевский Черкасской обл.        | 4,46                               | 414                                               | 145,73                                       | IV,1                        |
| 17-20                       | Зеньковский Полтавской обл.       | 4,15                               | 253                                               | 89,06                                        | II,5                        |
| 18-20                       | Грузский Сумской обл.             | 8,31                               | 378                                               | 133,06                                       | III,8                       |
| Средние для экотипов        |                                   | 7,05                               |                                                   |                                              |                             |

Окончание таблицы 1

| 1                       | 2                                     | 3    | 4   | 5      | 6     |
|-------------------------|---------------------------------------|------|-----|--------|-------|
| Группа степных экотипов |                                       |      |     |        |       |
| 19-20                   | Петровский Саратовской обл.           | 4,3  | 236 | 83,07  | II,4  |
| 20-20                   | Дьяковский Саратовской обл.           | 6,3  | 223 | 78,50  | II,2  |
| 21-20                   | Рахинский Волгоградской обл.          | 2,5  | 79  | 27,81  | 0,8   |
| 22-20                   | Арчединский Волгоградской обл.        | 5,8  | 297 | 104,54 | III,0 |
| 23-20                   | Песчаный Луганской обл.               | 5,7  | 491 | 172,83 | IV,9  |
| 24-20                   | Н-Айдаровский Луганской обл.          | 3,8  | 322 | 113,34 | III,2 |
| 25-20                   | Кировский Днепропетровской обл.       | 5,1  | 231 | 81,31  | II,3  |
| 26-20                   | Михайловский Днепропетровской обл.    | 7,5  | 481 | 169,31 | IV,8  |
| 27-19                   | Новомосковский Днепропетровской обл.  | 3,8  | 211 | 74,27  | II,1  |
| 28-20                   | Цурюпинский Херсонской обл.           | 4,0  | 290 | 102,08 | II,9  |
| 29-20                   | Александровский Донецкой обл.         | 3,7  | 309 | 108,77 | III,1 |
| 30-20                   | Жукинский Киевской обл.               | 3,8  | 245 | 86,24  | II,5  |
| 31-20                   | Мезмайский Краснодарского края        | 5,5  | 368 | 129,54 | III,7 |
| 32-18                   | Гуфта-Гихатурский, Южно-Осетинской АО | 4,9  | 212 | 74,62  | II,1  |
| Средние для экотипов    |                                       | 4,78 |     |        |       |

Из таблицы 1 видно, что минимальным запасом депонированного углерода в запасе древостоев характеризуется Рахинский экотип из Волгоградской области (27,81 тонн/га), а максимальным – Уразовский экотип из Белгородской области (205,22 тонн/га).

Для достоверности и объективности сравнения изучаемых экотипов по их углерододепонирующей способности была установлена градация шкалы запасов депонированного углерода, включающая 5 классов с шагом между классами, равным 35 тонн/га. Разделив величину накопленного запаса депонированного углерода на установленный шаг, получили условный номер каждого географического экотипа в их совокупном рейтинге в баллах. При этом в группу перспективных экотипов относились экотипы, вошедшие только в V и IV классы, в группу среднеперспективные включались – экотипы III класса, а в группу неперспективные – II и I классов.

В результате такого математико-статистического подхода (чем больше балл, тем перспективнее по углерододепонирующей способности экотип) установлено, что наиболее перспективными среди группы лесостепных экотипов являются: Уразовский экотип из Белгородской области (V,9 балла), Балашовский и Колодезский экотипы из Липецкой области (V,2 и IV,9 баллов). Среди группы степных экотипов наиболее перспективными являются Песчаный экотип из Луганской области (IV,9 балла) и Михайловский экотип из Днепропетровской области (IV,8 балла).

По разработанной нами ранее классификации комплексной ценности экотипов по их перспективности для будущего лесовосстановления [5], учитывающей 12 оценочных признаков, упомянутые выше Уразовский и Балашовский географические экотипы также относились к группе высокоперспективных. Таким образом, оказалось, что географические экотипы сосны обыкновенной, перемещенные из регионов, относящихся к лесостепной лесорастительной зоне в северную часть Воронежской области, также входящую в состав лесостепной лесорастительной зон Европейской части РФ, сохранили свою, по-видимому, генетически обусловленную природную наследственную способность к достаточно высокому углерододепонирующему потенциалу. Данный научный факт свидетельствует о высокой достоверности и объективности, разработанной нами ранее классификации географических экотипов сосны [5].

И наоборот, географические экотипы сосны из степной зоны, перемещенные в условия лесостепной лесорастительной зоны, показали себя по углерододепонирующему эффекту как менее перспективные и как малопригодные для будущего лесовосстановления в ней.

### **Выводы**

Согласно полученным данным на 32-х пробных площадях лучшими по углерододепонирующей способности оказались следующие экотипы:

- из группы лесостепных – Уразовский экотип из Белгородской области и Балашовский экотип из Липецкой области;
- из группы степных – Песчаный экотип из Луганской области и Михайловский экотип из Днепропетровской области.

Учитывая выявленные специфические особенности депонирования углерода разными географическими экотипами сосны обыкновенной в разработанную ранее их классификацию [5] на основе изменчивости 12 основных качественных и количественных лесоводственно-хозяйственных признаков, оказалось, что к ним нужно добавить еще один классификационный признак, а именно: их углерододепонирующую способность.

### **Список литературы**

1. Усольцев, В.А. Биологическая продуктивность лесов Урала в условиях техногенного загрязнения / В.А. Усольцев, Е.Л. Воробейчик, И.Е. Бергман. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2012. - 366 с.
2. Биологическая продуктивность лесов Поволжья / Под ред. С.Э. Вомперского. - М.: Наука, 2001. - 156 с.
3. Рубцов, В.И. Биологическая продуктивность сосны в лесостепной зоне / В.И. Рубцов, А.И. Новосельцева, В.К. Попов, В.В. Рубцов. - М.: Наука, 1976. - 226 с.
4. Мелехов, И.С. Качество древесины сосны в культурах / И.С. Мелехов, Н.А. Бабич, С.А. Корчагов. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2003. - 110 с.

5. Чернышов М.П. Географические лесные культуры сосны обыкновенной в Центральном Черноземье : монография / М.П. Чернышов, М.И. Михайлова ; М-во науки и высшего образования РФ, ФБГОУ ВО «ВГЛУ». – Воронеж, 2023. -180 с.

6. Chernyshov, M.P. Trends in radial growth of Scott pine trees in geographical crops / M.P. Chernyshov, M.I. Mikhailova // BIO Web of Conferences 93 01007 (2024). – URL: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20249301007>.

7. Распоряжение Минприроды России «Об утверждении методических указаний по количественному определению объема поглощения парниковых газов» от 30.06.2017 г. № 20-р (в ред. от 20.01.2021 г.).

### References

1. Usoltsev, V.A. Biological productivity of forests of the Urals in conditions of anthropogenic pollution. / V.A. Usoltsev, E.L. Vorobeychik, I.E. Bergman/. - Yekaterinburg: UGLU, 2012. - 366 p.

2. Biological productivity of forests of the Volga region / Edited by S.E. Vompersky, Moscow: Nauka Publ., 2001. - 156 p.

3. Rubtsov, V.I. Biological productivity of pine in the forest-steppe zone. / V.I. Rubtsov, A.I. Novoseltseva, V.K. Popov, V.V. Rubtsov/. - M.: Nauka, 1976. - 226 p.

4. Melekhov, I.S. The quality of pine wood in crops. / I.S. Melekhov, N.A. Babich, S.A. Korchagov. – Arkhangelsk: Publishing House of AGTU, 2003. - 110 p.

5. Chernyshov, M.P. Geographical forest cultures of the common pine in the Central Chernozem region : a monograph / M.P. Chernyshov, M.I. Mikhailova ; Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, VGLTU Federal State Educational Institution. – Voronezh, 2023. - 180 p.

6. Chernyshov, M.P. Trends in radial growth of Scott pine trees in geographical crops. / M.P. Chernyshov, M.I. Mikhailova // BIO Web of Conferences 93 01007 (2024). – URL: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20249301007>.

7. Order No. 20-r of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation "On Approval of Methodological Guidelines for the Quantitative Determination of Greenhouse Gas Absorption" dated 30.06.2017 (as amended dated 01/20/2021).