

УДК 502.7(2):581.526.53(477.62)

А.А. Блакберн, В.М. Остапко, А.Л. Золотой

## КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (СТЕПНЫХ И ЛЕСНЫХ УЧАСТКОВ) В ШАХТЕРСКОМ РАЙОНЕ

*Государственное учреждение «Донецкий ботанический сад»*

Проведена количественная оценка пространственной структуры природных территорий (степных и лесных участков) Шахтерского района Донецкой Народной Республики с использованием космоснимков из свободного доступа проекта Sentinel-2 и космпьютерной программы QGIS. Оценена степень фрагментированности степных и лесных участков в исследуемом районе. На основании полученных данных, а также количественном распределении этих типов природных территорий по занимаемой площади делается вывод о более сглаженном характере пространственной структуры степных участков по сравнению с лесными.

**Ключевые слова:** природная территория, экологический каркас, экологическая сеть, особо охраняемая природная территория, степной участок, лесной участок, фрагментированность территории, когерентность, эффективный размер ячейки

### Введение

Экосетевой подход в природоохранной деятельности является выражением новой парадигмы во взаимоотношении общества и природы. Смысл ее выражается в поддержании устойчивого равновесия между экономическими запросами людей и их потребностями в здоровой окружающей среде, в том числе – в этическом и эстетическом аспектах. Самой важной характеристикой последней является биологическое и ландшафтное разнообразие, то есть природное разнообразие той или иной территории, которую современный культурный человек должен воспринимать именно как *oikos* – среду своего обитания, свое жилище, дом, а не просто полигон или площадку для использования необходимых ресурсов и размещения соответствующей инфраструктуры.

Основой природного разнообразия территории, как структурного, так и функционального, в том числе и связанного с хозяйственной деятельностью, является так называемый экологический каркас территории [10]. Он представляет собой объективно существующую систему всех природных и природно-антропогенных объектов ее ландшафта, физически связанных между собой в едином пространстве общностью информа-

ционно-вещественно-энергетических процессов. Иначе говоря, экологический каркас – это природная составляющая данной территории (страны, региона, района), на которой осуществляется хозяйственная деятельность.

Однако остается проблема оптимизации ландшафтной структуры территории с позиции устойчивого и неистощительного взаимодействия ее природных компонентов и хозяйствующего субъекта. Основой такой оптимизации является объективная оценка структурных компонентов экологического каркаса территории и придание им определенного официального статуса в виде соответствующих частей экологической сети данной территории. Иначе говоря, экологическая сеть, в том числе и входящая в нее система особо охраняемых природных территорий (ООПТ), – это правовая форма оформления и защиты экологического каркаса данной территории [10].

И здесь очень важна количественная оценка пространственной структуры экологического каркаса, как первооснова комплексной оценки всей территории с позиции определения приоритетности внесения ее структурных компонентов в экологическую сеть данной территории.

### Цель и задачи исследований

Целью данной работы является предварительная инвентаризация и сравнительная количественная оценка природных (степных и лесопокрытых) участков на территории Шахтерского административного района Донецкой Народной Республики (ДНР).

Исходя из цели, были поставлены следующие задачи:

1) апробировать метод визуального определения предполагаемых степных и лесных участков с использованием космоснимков из свободного доступа проекта Sentinel-2 и компьютерной программы QGIS;

2) определить основные количественные параметры (площадь, средняя площадь, степень фрагментации) выявленных участков в территориальной структуре Шахтерского района;

3) провести ранжирование выделенных участков по занимаемым ими площадям и сравнить их по данному показателю с существующими в этом районе ООПТ.

### Объекты и методики исследований

В качестве объектов данного исследования были взяты два типа природных территорий – степные и лесные участки на территории Шахтерского административного района ДНР.

Под степными участками на данном этапе исследования нами были приняты все участки территории района с естественным, преимущественно травяным покровом, без дальнейшей их дифференциации на подтипы, классы и пр., как природного (настоящие, луговые, кустарниковые, петрофитные, псаммофитные степи и обнажения каменистых пород, целинные и антропогенно нарушенные без трансформации исходного типа растительности), так и антропогенного (залежи на месте постстепных полей в различной степени их восстановительной сукцессии и сбитые пастбища) происхождения.

Лесные участки также определялись как лесопокрытые территории (либо с существенным преобладанием лесной растительности) независимо от их происхождения, конфигурации, типов и подтипов леса или древесно-кустарниковых насаждений.

Шахтерский район был взят в качестве пилотного проекта для последующей инвентаризации природных территорий Донбасса. Расположенный на юго-западном макросклоне Донецкого

кряжа, Шахтерский район иллюстрирует собой типичную для Донбасса картину сильной фрагментации природных территорий среди преобладающего антропогенно трансформированного ландшафта. Тем не менее, являясь наиболее урбанизированным районом Центрального Донбасса, он обладает наименьшей долей распаханых земель из-за сложного холмистого рельефа отрогов Донецкого кряжа [4]. Это обуславливает наличие большого количества природных территорий, подходящих, после соответствующей оценки, для включения в качестве структурных частей в экологическую сеть, а наиболее ценных из них – в систему ООПТ ДНР.

Для получения данных применен метод выделения и оконтуривания на космоснимках участков, визуально определяемых по цвету и текстуре изображения как степные или лесные с последующим анализом их пространственной структуры с помощью компьютерной программы QGIS.

### Результаты исследования и их обсуждение

Общая пространственная структура выявленных нами степных и лесных участков на территории Шахтерского района изображена на рис. 1.

В одной из своих прежних публикаций мы уже рассмотрели состав выявленных степных участков Шахтерского района [3]. Их оказалось 226. Общая площадь составила 34591,97 га, или 20,7 % от площади этого р-на. Средняя площадь степных участков равна 153,06 га.

Лесных участков в Шахтерском районе выявлено 708, общей площадью 21713,19 га, или примерно 13,0 % от площади р-на. Средняя площадь лесных участков составила 30,67 га.

Таким образом, доля степных территорий в Шахтерском районе существенно (в 1,6 раза) превышает долю лесных, что, собственно, вполне соответствует структуре северостепного ландшафта, даже в случае «лесостепного» его варианта в условиях Донецкого кряжа.

Однако обращает на себя внимание, что если совокупная площадь степных территорий примерно соответствует данным официальной статистики (сумма площадей пастбищ и сенокосов в Шахтерском районе равна 22253,2 га, или 18,61 % территории района), то сумма площадей лесных участков, полученная нами, более чем в два раза превышает таковую (5,02 %), согласно официальной статистике [4] (табл.1).

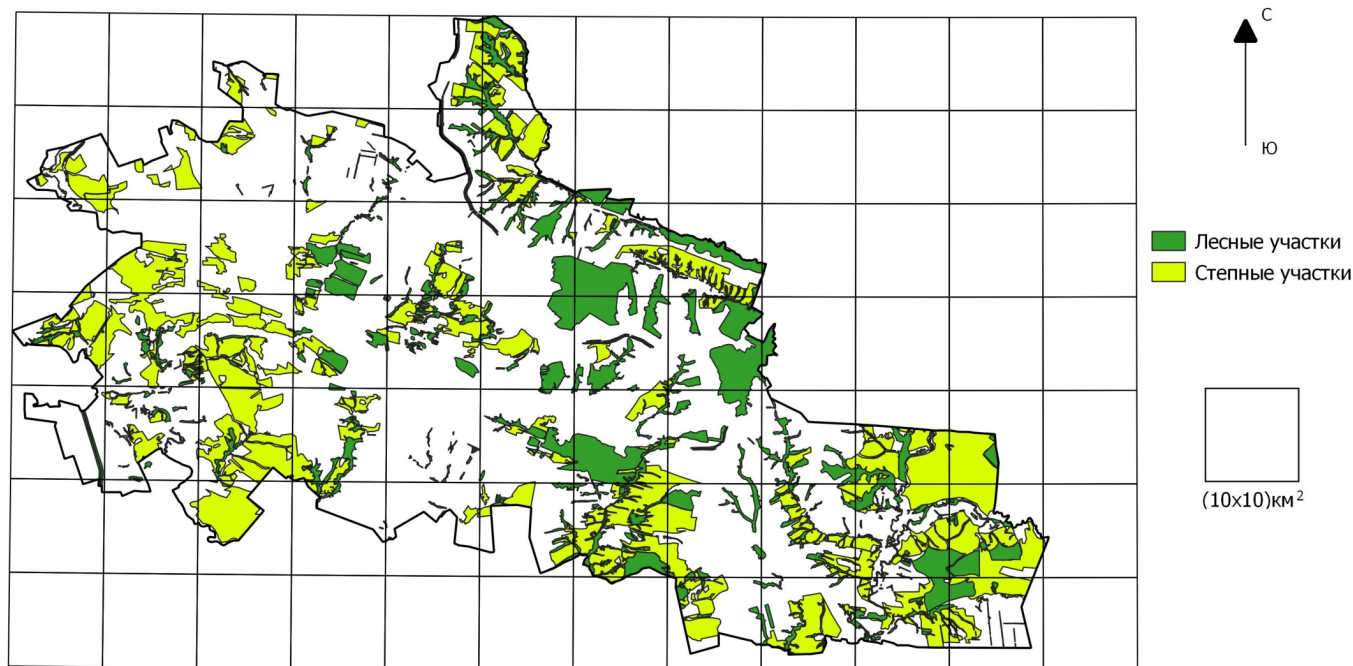


Рис. 1. Шахтерский район: степные и лесные участки  
 Fig. 1. Shakhtersk district: steppe and forest sites

Таблица 1. Распределение земель (в %) административных районов Донецкой области по состоянию на 2009 г. [4]

Административные районы	Типы земельных угодий						
	Пашни	Много-летние насаждения	Сенокосы	Пастбища	Урбанизированные комплексы	Лесопокрытые территории	ООПТ
Александровский	72,82	0,80	0,76	13,53	8,71	4,10	0,40
Амвросиевский	61,00	1,66	1,49	8,41	18,99	8,50	2,03
Артемовский	56,00	1,56	6,00	15,03	16,16	6,10	1,53
Великоновоселковский	75,00	0,65	1,74	12,14	6,98	3,10	0,04
Волновахский	74,00	1,08	0,01	9,63	11,85	4,80	1,57
Володарский	68,67	0,63	0,31	11,30	10,38	8,20	4,00
Добропольский	72,06	1,11	1,15	13,77	5,46	3,60	0,12
Константиновский	67,72	2,30	3,19	13,60	7,32	3,40	1,58
Красноармейский	76,37	2,12	0,96	8,54	8,12	0,10	0,08
Краснолиманский	44,75	0,92	3,71	10,89	0,20	24,10	23,54
Марьинский	76,66	1,73	0,56	7,05	11,03	3,50	0,00
Новоазовский	72,57	0,92	0,37	13,56	1,62	3,10	6,10
Першотравневый	74,06	0,84	1,54	8,76	3,09	4,10	10,21
Славянский	52,42	1,47	3,05	10,56	17,52	17,40	11,40
Старобешевский	71,90	0,64	0,47	11,93	14,15	2,50	0,12
Тельмановский	70,75	0,58	0,80	14,97	10,59	3,70	0,06
<b>Шахтерский</b>	<b>48,04</b>	<b>1,78</b>	<b>3,23</b>	<b>15,40</b>	<b>25,09</b>	<b>5,02</b>	<b>3,51</b>
Ясиноватский	68,00	2,32	1,17	10,60	14,75	5,20	0,18
<b>Среднее по районам</b>	<b>66,82</b>	<b>1,29</b>	<b>1,69</b>	<b>11,65</b>	<b>10,67</b>	<b>6,14</b>	<b>3,56</b>

их фрагментации недостаточны для долговременного обитания этого вида животных.

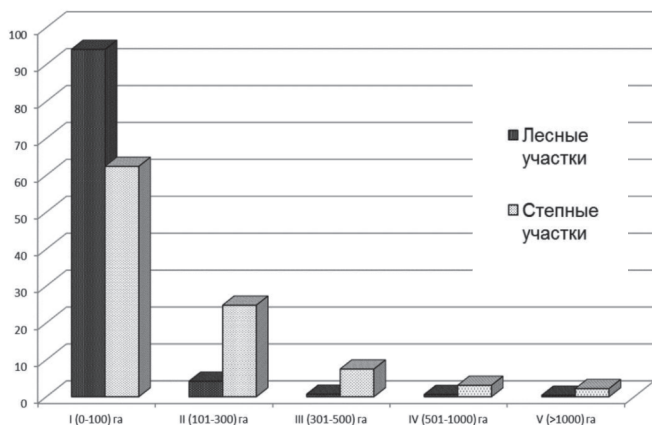
О характере фрагментированности природных территорий можно судить также и по *индексу изрезанности ландшафта* – LDI (landscape dissection index), который выражает врезание фрагментирующей сети в ландшафт без полного его рассечения [9]. Рассчитывается он по формуле:

$$LDI = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{\sqrt{\pi \cdot Fg \cdot \sum_{i=1}^n F_i}}, \quad (3)$$

где  $P_i$  – периметр  $i$ -того фрагмента (км),  $F_i$  – площадь  $i$ -того фрагмента (км<sup>2</sup>),  $Fg$  – площадь всей исследуемой территории (км<sup>2</sup>).

В отличие от величины  $m_{эф}$ , данный показатель не зависит от когерентности. В нашем случае LDI для степных участков равен 1,21, для лесных участков – 1,18 (табл.2). Как видно, по данному показателю степные и лесные участки существенно отличаются друг от друга. У степных участков он несколько выше.

Более информативным в оценке пространственной структуры природных территорий в Шахтерском районе является разделение их на определенные интервальные группы, различающиеся по диапазону своих значений (в нашем случае по возрастианию их площадей) (рис. 2).



**Рис. 2.** Количественное распределение природных территорий (степных и лесных участков) Шахтерского района по занимаемым площадям

**Fig. 2.** Quantitative distribution of the natural territories (steppe and forest sites) of the Shakhtersk district according to areas

Интервалы группировок степных участков по диапазону занимаемой площади выглядит так: 141 участок (62,4 %) занимают площадь менее

100 га; 56 участков (24,8 %) находятся в диапазоне от 100 до 300 га; 17 участков (7,5 %) – в диапазоне 300 до 500 га; 7 участков (3,1 %) – от 500 до 1000 га; и 5 участков (2,2 %) имеют площадь более 1000 га каждый.

Для лесных участков аналогичное распределение выглядит следующим образом: 666 участков (94,1 %) занимают площадь менее 100 га; 30 участков (4,28 %) находятся в диапазоне от 100 до 300 га; 5 участков (0,71 %) – в диапазоне 300 до 500 га; 4 участка (0,56 %) – от 500 до 1000 га; и 3 участка (0,42 %) имеют площадь более 1000 га каждый.

Очевидно, что изменение размеров площадей степных участков имеет гораздо более выровненный характер, чем лесных. Это свидетельствует о более равномерном пространственном распределении степных территорий в ландшафтной структуре Шахтерского района. Напротив, лесные участки в абсолютном своем большинстве представлены крошечными, часто имеющими вытянутую линейную конфигурацию, территориями. Данный факт говорит, прежде всего, об искусственном происхождении насаждений значительной части лесных территорий (лесополосы) или азональном характере их местонахождения (байрачные леса).

В структуре ООПТ Шахтерского р-на доля степных и лесных участков отображена по категориям ООПТ в таблице 3.

Из таблицы 3 видно, что в структуре ООПТ Шахтерского района доля степных и лесных участков примерно сопоставима с таковой для всей территории района: общая площадь степных участков в 1,6 раза превышает таковую лесных участков для всей территории района; общая площадь степных участков в составе ООПТ превышает таковую для лесных участков в 1,3 раза. Все это свидетельствует о достаточно репрезентативном характере этих территорий, взятых под официальную охрану. Обращает на себя внимание и тот факт, что доля степных участков существенно преобладает (75,7 %) именно в составе республиканских ландшафтных парков – крупнейших по занимаемой площади категории ООПТ Шахтерского района. Однако общая площадь ООПТ этого района составляет всего 3,04 % его площади, что крайне мало на фоне имеющихся площадей его природных территорий.



Очевидно, что в данные последней не вошли все лесопокрытые территории района.

Тем не менее, простое соотношение площадей выявленных участков мало говорит о пространственной их структуре в границах исследуемого района. Наиболее информативными в этом плане являются показатели фрагментированности территорий, которые в контексте биологической интерпретации отражают степень инсуляризации («островной эффект») природных территорий. Подобные исследования довольно широко отражены в научной литературе, в том числе относящейся и к региону Донбасса [5–9, 11, 12–17].

Наиболее часто используются показатели когерентности ( $C$ ) и выводимый из нее «эффективный размер ячейки» ( $m_{\text{эф}}$ ).

Когерентность ( $C$ ) показывает вероятность нахождения двух произвольно выбранных точек в пределах одного фрагмента территории. Определяется по формуле:

$$C = \sum_{i=1}^n \left( \frac{F_i}{F_g} \right)^2, \quad (1)$$

где  $C$  – показатель когерентности,  $F_i$  – площадь  $i$ -того фрагмента,  $F_g$  – площадь всей исследуемой территории,  $n$  – общее число фрагментов.

Эффективный размер ячейки ( $m_{\text{эф}}$  – effective mesh size) – это площадь, которая будет получена, если всю исследуемую территорию разделить на одинаковые фрагменты, сохранив при этом существующую когерентность [9, 13].

$$M_{\text{эф}} = F_g \cdot C \quad (2)$$

Биологическая интерпретация в отношении когерентности говорит о вероятности встречи двух животных (одного вида) в пределах исследуемой территории, не встречая непреодолимых для себя препятствий (т. е. границ фрагмента, которую они не могут преодолеть). Эффективный размер ячейки, в данном аспекте, показывает условную площадь данного типа фрагмента (типа природной территории) при существующем уровне фрагментации всей исследуемой территории, на которой животное может свободно перемещаться, не встречая непреодолимых препятствий на своем пути. В отличие от когерентности,  $m_{\text{эф}}$  измеряется в тех же размерных единицах, что и площади самих фрагментов (га или км<sup>2</sup>), поэтому интерпретация эффективного размера ячейки позволяет сравнивать его значение, например, со

средней площадью данного типа фрагмента на исследуемой территории.

В нашем случае для степных территорий  $m_{\text{эф}}$  равен 136,81 га, что вполне сопоставимо со средней площадью их участков – 153,06 га (табл. 2). Для лесных участков  $m_{\text{эф}}$  равен 78,57 га, что в 2,5 раза превышает среднюю их площадь – 30,67 га. Столь несхожее соотношение в величинах эффективных размеров ячеек и средних площадей двух типов природных территорий – степей и лесов, вероятнее всего объясняется значительным преобладанием в классе лесных участков очень мелких по площади объектов, по сравнению с классом степных участков, в результате чего мелкие лесные участки вносят диспропорционально больший вклад в величину средней площади данного типа территорий, а, следовательно, сама средняя площадь лесных участков оказывается сравнительно меньшей, чем эффективная площадь ячейки.

**Таблица 2.** Количественные показатели природных участков Шахтерского района

Количественные показатели	Тип участка	
	Степной	Лесной
Количество	226	708
Общая площадь (га)	34591,97	21713,19
Средняя площадь (га)	153,06	30,67
Когерентность	0,0008	0,0005
$m_{\text{эф}}$ (га)	136,81	78,57
Индекс изрезанности ландшафта	1,21	1,18

В этом плане интересно сравнить эти два типа природных территорий со средним размером индивидуального участка относительно крупного хищника из млекопитающих, повсеместно встречающегося на всех типах территорий региона, – лисицы обыкновенной (*Vulpes vulpes* L.). Он равен примерно 1 км<sup>2</sup>, или 100 га [1]. Как видно, площадь индивидуального участка этого животного полностью «вписывается» как в величину средней площади, так и в  $m_{\text{эф}}$  для степных участков и превышает таковые для лесных территорий района. Исходя из этого, можно сделать предварительный вывод, что степные участки в Шахтерском районе в целом могут служить рефугиумами для одного из видов высшего трофического уровня, обитающего в Донбассе, тогда как лесные участки – нет. Как средняя их площадь, так и эффективный размер ячейки при данном уровне

**Таблица 3.** Распределение степных и лесных территорий в составе ООПТ Шахтерского района

Категории ООПТ	Количество	Общая площадь ООПТ (га)	Средняя площадь ООПТ (га)	Площадь степных участков (га)	Доля степных участков (%)	Площадь лесных участков (га)	Доля лесных участков (%)
РЛП	2	3670,8	1835,4	2779,64	75,7	891,16	24,3
ППг	1	41,0	–	–	–	41,0	100,0
Зак.м	3	1361,5	453,83	71,5	5,25	1290,0	94,75
ППм	1	0,01	–	–	–	0,01	100,0
ППСПИ.м	1	12,0	–	–	–	12,0	100,0
Всего	8	5085,31	635,7	2851,14	56,1	2234,17	43,9

Примечания к таблице: РЛП – республиканский ландшафтный парк, ППг – памятник природы государственного значения, Зак.м – заказники местного значения, ППм – памятники природы местного значения, ППСПИ.м – парки-памятники садово-паркового искусства местного значения

### Выводы

Метод визуального выявления степных и лесных участков на основе изучения космоснимков с использованием программы QGIS позволяет провести первичный количественный анализ этих типов природных территорий.

Полученные данные показали, что в Шахтерском районе сохранились достаточно обширные площади как степных, так и лесных территорий. Площадь степных участков в 1,6 раза превышает площадь лесных. При этом число отдельных выявленных фрагментов лесных территорий более чем в три раза превышает число степных участков.

Показатели фрагментированности этих типов территории близки между собой и также свидетельствуют о высокой степени их фрагментации.

Количественное распределение числа степных и лесных участков по диапазону занимаемой площади показало, что у степных участков это распределение имеет гораздо более выровненный характер, чем у лесных, что говорит о более равномерном пространственном распределении и компактной конфигурации степных территорий.

В структуре ООПТ района оба типа природных территорий – степные и лесные участки представлены в пропорциях близких к среднерайонному показателю. Однако общая площадь ООПТ Шахтерского района составляет всего 3,04 % от его площади. Наличие относительно большого количества степных и лесных участков, в том числе и крупных по размерам, не входящих в состав ООПТ района, свидетельствует о том, что в Шахтерском районе имеются большие возможности для расширения площади ООПТ.

1. *Аристов А.А.*, Барышников Г.Ф. Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий. Хищные и ластоногие. СПб: Наука, 2001. 558 с.
2. *Биатов А.П.*, Украинский П.А., Нарожняя А.Г. Сравнительный анализ фрагментированности ландшафтов Белгородской части бассейна Ворсклы и бассейна Мерлы (Харьковская область, Украина) // Научные ведомости БелГУ. Серия Естественные науки. 2014. N 3(174). Вып. 26. С. 157–165.
3. *Блакберн А.А.* Предварительная инвентаризация степных территорий с помощью программы QGIS (на примере Шахтерского района Донецкой Народной Республики) // Промышленная ботаника. 2018. Вып. 18, N 4. С. 25–31.
4. *Дані соціально-економічного становища Донецької області в 2009 р.:* Статистичний щорічник / за ред. О.А. Зеленого. Донецьк: Головне управління статистики у Дон. обл. 2010. 510 с.
5. *Захаров К.В.* Оценка степени фрагментации местообитаний диких животных искусственными рубежами на примере Московского региона // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. 2015. Т.120, Вып. 2. С. 3–10.
6. *Клюев В.Е.*, Аверин Г.В. Оценка фрагментации экологической сети Луганской области // Системный анализ и информационные технологии в науках о природе и обществе. Донецк: ДонНТУ, 2014. N 1(6)–2(7). С. 84–90.
7. *Украинский П.А.* Изучение фрагментации ландшафтов Белгородской части бассейна Ворсклы при помощи ГИС и ДДЗ // Материалы конференции «Экология. Экономика. Инфор-

- матика» (Ростов-на-Дону, 8–13 сентября 2013 г.). Т. 2. Геоинформационные науки и экологическое развитие: новые подходы, методы, технологии. Геоинформационные технологии и космический мониторинг. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2013. С. 196–201.
8. Усова И.П. Оценка фрагментации лесов с использованием ландшафтных индексов (на примере Восточно-Белорусской ландшафтной провинции) // Актуальные проблемы геоботаники. Матер. III Всероссийской школы-конференции. II часть. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. С. 250–253.
  9. Чепелев О.А., Украинский П.А., Соловьев В.И. и др. Использование данных многозональной космической съемки для анализа свойств почвы и растительности в условиях европейской лесостепи // Вестник ВГУ. Серия «География. Геоэкология», 2009. N 1. С. 55–60.
  10. Шварц Е.А. Эколого-географические проблемы сохранения природного биоразнообразия России: автореф. дисс. на соискание уч. степени доктора географ. наук. М., 2003. 41 с.
  11. Esswein H., Jaeger J., Schwarz von Raumer H.-G. Der Grad der Landschaftszerschneidung als Indikator im Naturschutz: Unzerschnittene verkehrsarme (UZR) Räume oder effective Maschenweite (*meff*)? NNA-Berichte. 2003. 16. Jahrgang, Heft 2. S. 53–68.
  12. Esswein H. Schwarz von Raumer H.-G. Effektive Maschenweite und Unzerschnittene Verkehrsarme Räume über 100 km<sup>2</sup> als Umweltindikatoren für die BRD – GIS-Einsatz und vergleichende Analyse // Strobl J., Blaschke T., G. Griesebner [Hrsg]: Angewandte Geoinformatik, 2006: Beiträge zum 18. AGIT-Symposium Salzburg. Heidelberg: S. 135–144.
  13. Jaeger J. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation // Landscape Ecology, 2000. N 15. P. 115–130.
  14. Jaeger J., Bertiller R., Schwick C. Degree of landscape fragmentation in Switzerland: Quantitative analysis 1885–2002 and implications for traffic planning and regional planning // Condensed Version. Bundesamt für Statistik, Neuchâtel. 36 p.
  15. Landscape fragmentation in Europe / J. Jaeger, T. Soukup, L.F. Madriñán et al. // Joint EEA-FOEN report. EEA Report. 2011. N 2. Veröffentlicht von der Europäischen Umweltagentur (EEA) und dem Schweizerischen Bundesamt für Umwelt (FOEN). Luxembourg, Publications Office of the European Union. 87 p.
  16. Schupp D. Umweltindikator Landschaftszerschneidung – Ein zentrales Element zur Verknüpfung von Wissenschaft und Politik // GAIA. 2005. Vol. 14. N 2. S. 101–106.
  17. Walz U. Landscape Structure, Landscape Metrics and Biodiversity // Living Reviews in Landscape Research. 2001. Vol. 5(3).

Поступила в редакцию: 11.04.2019

UDC 502.7(2):581.526.53(477.62)

## QUANTITATIVE DISTRIBUTION OF NATURAL TERRITORIES (STEPPE AND FOREST AREAS) IN THE SHAKHTERSK DISTRICT

A.A. Blackburn, V.M. Ostapko, A.L. Zolotoi

Public Institution «Donetsk Botanical Garden»

A quantitative evaluation of the spatial structure of natural territories (steppe and forest areas) of the Shakhtersk district of the Donetsk People's Republic was made using free space images of Sentinel-2 project and QGIS computer programme. The degree of fragmentation of these two types of natural areas in the area is estimated. Based on the data obtained, as well as the ranging of these types of natural territories by area, it is concluded that the spatial structure of the steppe areas is smoother than the forest areas.

**Key words:** natural area, ecological framework, ecological network, specially protected natural territory, steppe area, forest area, territory fragmentation, coherence, effective mesh size