

В указанном аспекте максимально эффективным является использование диспергантов на основе ПАВ. Их применение приводит к дроблению пленки углеводородов на множество отдельных устойчивых структур, что, в свою очередь, способствует увеличению площади взаимодействия микроорганизмов с питательным субстратом. Однако используемые в настоящее время химические дисперганты оказывают токсичное действие на биоту и могут выступать источником вторичного загрязнения окружающей среды. В качестве экологически безопасной альтернативы им зачастую рассматривают биологические поверхностно-активные вещества, в том числе гуминовые вещества и промышленные препараты на их основе [4].

Проявление поверхностно-активных свойств гуминовыми веществами обусловлено амфифильным характером их строения, т.е. наличием в молекулярной структуре гидрофобных, образующих ароматический каркас и гидрофильных, составляющих периферийную часть компонентов. Ввиду чего они способны снижать поверхностное натяжение, препятствуя коалесценции капель нефти или нефтепродукта. В результате данного процесса происходит увеличение площади удельной поверхности капель нефтепродуктов и рост их доступности для микроорганизмов-деструкторов.

Кроме того, гуминовые вещества обладают выраженными детоксицирующими свойствами, могут служить источником крайне необходимых для нефтеокисляющих микроорганизмов биогенных элементов (азот, фосфор и др.) и положительно влияют на важные для их функционирования свойства почвы (pH, окислительно-восстановительные условия и др.). Тем самым гуминовые вещества способствуют формированию благоприятных условий для «работы» микробиоремедиаторов [5].

Однако приводящиеся на данный момент в научной литературе немногочисленные сведения о применении в процессах восстановления нефтезагрязненных почв биоПАВ на основе гуминовых веществ носят противоречивый характер. Также в фокусе вопроса о перспективах использования гуминовых препаратов для целей биоремедиации нефтезагрязненных почв еще остается неосвоенным ряд ключевых моментов. Среди них: зависимость процессов микробиодеструкции углеводородного загрязнения почв от концентрации и свойств вносимых гуминовых препаратов; специфика ответной реакции культур микроорганизмов-нефтедеструкторов на различные дозы гуминовых препаратов и результативность совместного использования микробиодеструкторов и гуминовых препаратов для восстановления почв, загрязненных различными типами нефтепродуктов. Данные обстоятельства обуславливают необходимость проведения дальнейших исследований в рамках обозначенной проблемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Статистический ежегодник мировой энергетики [Электронный ресурс]: Мировая Энергетическая Статистика Yearbook. – Режим доступа: <https://yearbook.enerdata.ru/>. – Дата доступа: 07.08.2020.
2. Bioremediation of Oil Spills on Land / L. D. Brown [et al.]. – Oil Spill Science and Technology: Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey Published simultaneously in Canada, 2015. – 724 p.
3. ГОСТ Р ИСО 22030-2009. Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений. Дата введения: 2011-01-01. – М.: Издательство стандартов, 2011. – 33 с.
4. Lipczynska-Kochany, E. Humic substances, their microbial interactions and effects on biological transformations of organic pollutants in water and soil: A review / E. Lipczynska-Kochany // Chemosphere. – 2018. – V. 202. – P. 420-437.
5. Гречищева, Н. Ю. Разработка научных основ применения гуминовых веществ для ликвидации последствий нефтезагрязнения почвенных и водных сред: дис. ... д-ра хим. наук: 03.02.08 / Гречищева Н. Ю. – М., 2016. – 326 с.

АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ, ПОТЕНЦИАЛЬНО СОДЕРЖАЩИХ БРОМИРОВАННЫЕ АНТИПИРЕНЫ, НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

ANALYSIS OF THE SPATIAL DISTRIBUTION OF POLYMER WASTE POTENTIALLY CONTAINING BROMINATED FLAME RETARDANTS ON THE TERRITORY OF BELARUS

В. Д. Чернюк, Т. И. Кухарчик
V. Chernyuk, T. Kukharchyk

ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь
chernyuk.vladimir.m@mail.ru

Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Отходы пластика электронного и электротехнического оборудования (далее—ЭЭО), которые могут содержать бромированные антипирены, включая полибромдифениловые эфиры (далее—ПБДЭ), заслуживают особого регулирования. В соответствии со Стокгольмской конвенцией о стойких органических загрязнителях (далее—СОЗ), необходимо их выявление и последующее изъятие из потока, поступающего на вторичную переработку.

Цель данной работы – анализ пространственного распределения объемов образования отходов пластика ЭЭО на территории Беларуси и их переработки. Показано, что примерно 2,3 тыс.т отходов пластика ЭЭО (25% общего их количества) могут потенциально содержать ПБДЭ. Наибольшие объемы образования отходов пластика ЭЭО приурочены к административным районам с крупными городами и промышленными центрами. Показано, что около 25% общего объема отходов пластика ЭЭО приходится на долю г. Минска, 25% – на долю крупных городов. В большинстве административных районов (68%) в год образуется от 10 до 50 т отходов пластика ЭЭО. Установлено, что вторичной переработкой охвачено в среднем 23% образующихся отходов пластика ЭЭО с диапазоном по административным областям от 10% (в Гродненской) до 31% (в Гомельской).

Plastic waste from electronic and electrical equipment (EEE) that may contain brominated flame retardants, including polybromodiphenyl esters (PBDEs), should be managed in ecologically sound manner. In accordance with the Stockholm Convention on persistent organic pollutants (POPs), it is necessary to identify them and then to remove them from the stream for recycling. The purpose of this work is to analyze the spatial distribution of the volume of plastic waste generation in the EEE on the territory of Belarus and their processing. It is shown that approximately 2.3 thousand tons of plastic waste EEE (25% of the total amount) can potentially contain PBDEs. The largest volumes of EEE plastic waste are confined to administrative regions with large cities and industrial centers. It is shown that about 25% of the total volume of plastic waste EEE is generated in Minsk, 25% – in others large cities. In most administrative regions (68%), between 10 and 50 tons of EEE plastic waste is generated per year. It was found that recycling covers an average of 23% of plastic waste generated by EEE with a range of administrative regions from 10% (in Grodno) to 31% (in Gomel).

Ключевые слова: отходы ЭЭО, полибромдифениловые эфиры, стойкие органические загрязнители, вторичная переработка.

Keywords: EEE waste, polybromodiphenyl ethers, persistent organic pollutants, recycling.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2020-1-316-320>

Полимерным отходам, содержащим или потенциально содержащим бромированные антипирены, включая ПБДЭ, уделяется все большее внимание в связи с возможностью их рециркуляции и повторного вовлечения в производственный процесс и, как следствие, угрозе рассеяния в окружающей среде и попадания опасных веществ в изделия бытового назначения и детские игрушки [1].

В соответствии со Стокгольмской конвенцией о СОЗ, необходимо выявление и изъятие из потока отходов, поступающих на вторичную переработку. Под эгидой Стокгольмской конвенции о СОЗ и Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением разработаны международные руководства, в которых определены требования к процессам сбора, сортировки, сепарации и переработки отходов ЭЭО, содержащих или потенциально содержащих ПБДЭ [2,3]. Одним из принципов, заложенных в данных документах, является выделение бромсодержащих отходов, которые могут быть выявлены на основании экспресс-методов. Однако, как и во многих других странах, их реализация в значительной степени осложняется отсутствием национальных законодательных документов и материально-технической базы.

В Беларуси некоторые аспекты обращения с отходами ЭЭО регулируются Указом Президента Республики Беларусь №313 и Постановлением Совета Министров Республики Беларусь №1124, согласно которым предусмотрено введение принципа расширенной ответственности производителей и поставщиков за сбор, обезвреживание и (или) использование отходов ЭЭО. Первым документом, направленным на регулирование содержания ПБДЭ в готовых изделиях, является технический регламент «Об ограничении применения опасных веществ в изделиях электроники и радиоэлектроники» – ТР ЕАЭС 037/2016. Согласно данному регламенту, в изделиях электроники и радиоэлектроники не должны содержаться ПБДЭ, их концентрация не должна превышать 0,1%.

Система заготовки полимерных отходов в Беларуси находится в стадии становления и развития. Из большого перечня предприятий по переработке полимерных отходов, имеющих лицензии, основная их часть ориентирована на сбор и переработку полиэтилена и ПЭТ-бутылок. Основное количество устаревшей бытовой техники и ЭЭО собирается ОАО «БелВТИ», УП «Унидрагмет БГУ», КПУП «Брестский мусоросжигательный завод» и др. Большая часть таких предприятий расположена в крупных городах и охватывает близлежащие районы. Официальные данные о объемах отходов ЭЭО, представляемые Оператором вторичных материальных ресурсов, касаются лишь той их части, которая поступает на переработку.

Цель данной работы – выполнить оценку объемов образования отходов пластика ЭЭО на территории Беларуси и проанализировать пространственные особенности их распределения с учетом объемов их переработки.

Для оценки образования отходов полимерных материалов, входящих в состав ЭЭО, использовалась методика, рекомендованная Руководством по инвентаризации ПБДЭ, включенная в Стокгольмскую конвенцию о СОЗ [2]. Расчеты проводились по состоянию на 2018 г. Для расчета использованы данные Национального статистического комитета по обеспеченности населения предметами длительного пользования, а также результаты анкетирования населения для определения показателя обеспеченности городского и сельского населения, а также дифференциации телевизоров и мониторов на устройства с жидкокристаллическим (далее – ЖК) дисплеем и устройства с электронно-лучевой трубкой (далее – ЭЛТ). Кроме того, результаты анкетирования позволили

получить примерные оценки обеспеченности населения копировальной техникой и некоторыми другими видами оборудования, которые не учитываются статистикой [4].

Содержание полимерных материалов в различных типах ЭЭО принималось согласно данным, представленным в техническом отчете Швейцарии за 2018 г., годовом отчете во Франции и др. справочным данным. Также при расчетах использовались данные производителей ЭЭО, характеризующие массу различных видов устройств.

Картографическое отображение ситуации осуществлялось с использованием программного обеспечения QGIS. Desktop.

Согласно полученным данным, объемы образования отходов полимерных материалов, входящих в состав ЭЭО, по состоянию на 2018 г. оцениваются примерно в 9,3 тыс. т, что составляет около 21% от общего объема отходов ЭЭО. Наибольшие объемы отходов пластика ЭЭО образуются в г. Минске: 2,34 тыс. т или около 25% общего их объема в стране (таблица 1). Всего вклад г. Минска и Минской области в суммарный объем отходов пластика ЭЭО составляет 37,3%. На втором месте по объемам образования находится Гомельская область (14,8% всех полимерных отходов), далее – Брестская (13,6%), Витебская (12,3%), Могилевская (11,4%) и Гродненская (10,7%) области.

Таблица – Образование отходов полимерных материалов ЭЭО на территории Беларуси

Область	Всего, тыс. т	Доля образования в городах, %*	Количество административных районов	В том числе в административных районах, тыс. т		
				минимум	среднее	максимум
Брестская	1,27	79	16	0,017	0,079	0,423
Витебская	1,15	76	21	0,007	0,055	0,458
Гомельская	1,38	81	21	0,008	0,066	0,653
Гродненская	1,0	76	17	0,009	0,059	0,462
Минская	1,13	74	22	0,015	0,051	0,179
Могилевская	1,06	86	21	0,005	0,051	0,461
Минск	2,34	100	-	-	-	-

*учтены все города и городские поселки районного подчинения

Большая часть отходов (74–86%) образуется в городах и городских поселках районного подчинения и крупных промышленных центрах. Объемы образования отходов полимерных материалов в городских поселках районного подчинения колеблются в интервале 4–14 т/год, что составляет 1,5% общего объема полимерных отходов. Для малых городов с населением до 50 тыс. жителей данный интервал составляет 2–58 т/год (16,7%), для средних городов с населением 50–100 тыс. жителей – 63–112 т/год (7,2%), для больших городов с населением 100–250 тыс. жителей – 120–257 т/год (17,4%), для крупных городов с населением 250 тыс. – 1 млн. жителей – 410–632 т/год (25,4%).

Представленная на рисунке 1 карта объемов образования отходов пластика ЭЭО на территории Беларуси свидетельствует о крайне неравномерном их распределении по административным районам. Как было показано выше, наибольшие объемы отходов ЭЭО (2,34 тыс. т) образуются в г. Минске, что составляет 25% общего их количества. Примерно столько же отходов образуется в районах с крупными городами областного подчинения – Витебском (458 т), Могилевском (461), Гродненском (462) и Гомельском (653 т); в сумме на их долю приходится 22% всех отходов. Около 17% общего количества отходов пластика ЭЭО образуется примерно в 6% районов (Оршанский, Пинский, Борисовский, Барановичский, Полоцкий, Бобруйский и Брестский). На большей же части территории страны (67,8% общего количества районов) объемы образования таких отходов варьируют от 10 до 50 т отходов. Менее 10 т в год образуется в 8,5% всех районов Беларуси. На территории 14,4% административных единиц образуется от 50 до 150 т отходов полимеров.

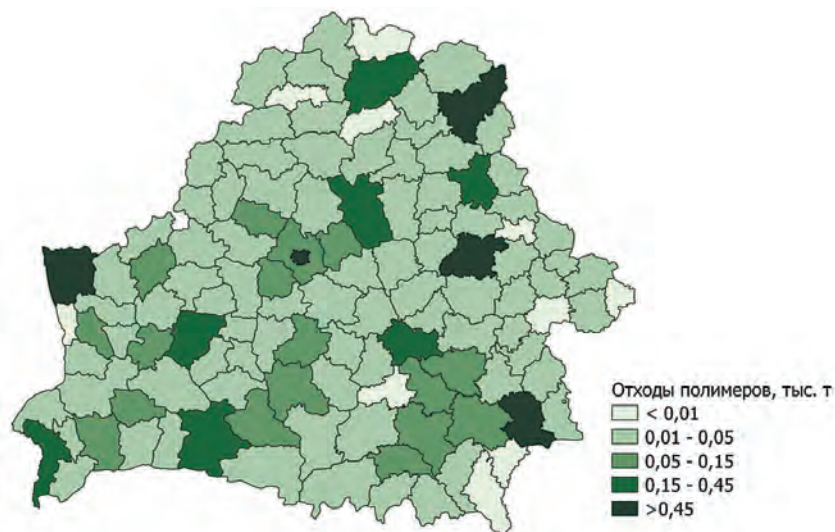


Рисунок 1 – Картосхема распределения объемов образования отходов полимерных материалов ЭЭО в Беларуси, тыс. т (по состоянию на 2018 г.)

По данным [5], пластик, содержащий бромированные антипирены, составляет около 5,5% от массы всех отходов ЭЭО, или 25% от всего пластика, используемого в ЭЭО. Опираясь на эти данные можно предположить, что в Беларуси ежегодное образование полимерных отходов, потенциально содержащих ПБДЭ, может составлять более 2,3 тыс.т.

В Беларуси сбор отходов ЭЭО начал с 2013 г. По данным оператора ВМР, в 2014 г. было собрано 2,4 тыс.т отходов ЭЭО, в 2018 г. – уже в 6,2 раза больше (14,39 тыс.т). Наибольшее количество отходов ЭЭО собирается в городе Минске – 4,27 тыс.т, что составляет порядка 30% всех собранных электронных отходов за год. В Гомельской и Витебской областях собирается 19,7% и 14,2% полимерных отходов соответственно. Наименьшее количество отходов ЭЭО собирается в Гродненской области – 4,4%. В Минской и Могилевской областях сбор отходов ЭЭО за 2018 г. составил 13,1% и 11,7% всех собранных отходов соответственно.

Для оценки объема сбора пластика ЭЭО от общего их количества принята величина 15% (с учетом структуры поступающего на переработку ЭЭО). По данным ОАО «БелВТИ» среди отходов ЭЭО, поступивших на переработку в 2018 г., преобладали телевизоры, на долю которых пришлось 37%. Холодильники/морозильники составили 19,2%, стиральные машины – 11,2%, копировальное оборудование – 5,1%, прочее оборудование - 25%. На долю мониторов пришлось около 2% всего ЭЭО.

На рисунке 2 приведена доля собранных отходов пластика ЭЭО по отношению к их образованию.

Наибольшие объемы сбора полимерных материалов ЭЭО в 2018 г. характерны для Гомельской области (30,6%). Высок удельный вес собранных отходов в г. Минске (27,4% от объема их образования) и Витебской области (26,6%). Далее по убыванию расположились Минская и Могилевская области, где доля собранных отходов оценивается соответственно в 25,1% и 23,9%. Самые низкие значения получены для Брестской (12,2%) и Гродненской (9,6%) областей. В целом по Беларуси в 2018 г. было собрано примерно 23% отходов пластика ЭЭО от общего объема их образования.

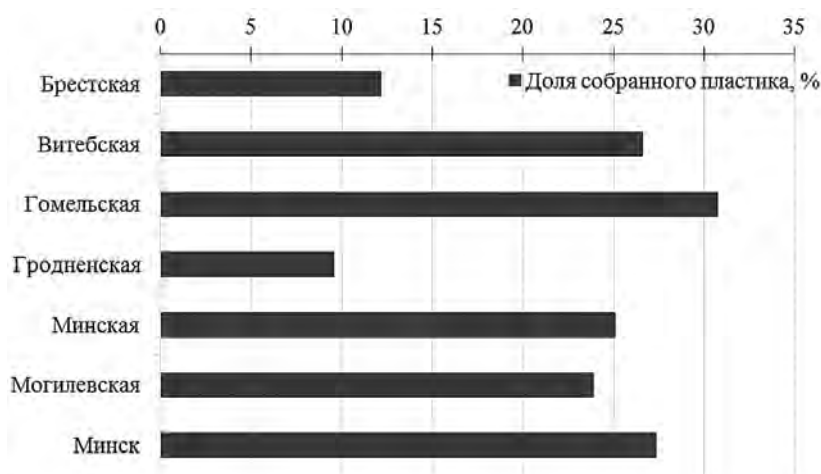


Рисунок 2 – Доля собранных отходов пластика ЭЭО от общего объема их образования в 2018 г.

Пока на предприятиях по переработке отходов ЭЭО в Беларуси не осуществляется выявление бромсодержащего пластика и его выделение из общего потока отходов.

Результаты исследований позволили выявить крайне неравномерное распределение объемов образования отходов пластика ЭЭО на территории Беларуси. Примерно 50% общего объема образования таких отходов приходится на г. Минск и областные города. Около 17% общего количества отходов пластика ЭЭО образуется примерно в 6% районов. На большей части территории страны (67,8% общего количества районов) объемы образования таких отходов варьируют от 10 до 50 т отходов.

Установлено, что вторичной переработкой охвачено в среднем 23% образующихся отходов пластика ЭЭО с диапазоном по административным областям от 10% (в Гродненской) до 31% (в Гомельской). Выявление бромсодержащего пластика и его выделение их общего потока отходов не осуществляется.

ЛИТЕРАТУРА

1. Towards a generic procedure for the detection of relevant contaminants from waste electric and electronic equipment (WEEE) in plastic food-contact materials: a review and selection of key parameters / F. Puype [et al.]. – Food Additives & Contaminants: Part A, 34:10, 2017. – P. 1767-1783. – DOI: 10.1080/19440049.2017.1332430.
2. GUIDANCE on best available techniques and best environmental practices for the recycling and disposal of wastes containing polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) listed under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Updated / UNEP, 2017. – 114 p. [Electronic resource]. – Mode of access: <http://chm.pops.int/Implementation/NIPs/Guidance/Guidanceon/BATBEPfortherecyclingofPBDEs/tabid/3172/Default.aspx>. – Date of access: 15.02.2020.
3. UNEP, 2019. Technical guidelines on the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with hexabromodiphenyl ether and heptabromodiphenyl ether, or tetrabromodiphenyl ether and pentabromodiphenyl ether or decabromodiphenyl ether. Addendum. Conference of the Parties to the Basel Convention

on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal. Fourteenth meeting. Geneva, 29 April–10 May 2019. UNEP/CHW.14/7/Add.3.

4. Кухарчик, Т. И. Образование отходов электронного и электротехнического оборудования, потенциально содержащих полибромдифениловые эфиры, в Беларуси и проблемы их регулирования / Т.И. Кухарчик, В.Д. Чернюк // Сахаровские чтения 2019 года: экологические проблемы XXI века: материалы 19-й международной научной конференции, Минск, 23–24 мая 2019 г. / «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета: А. Н. Батян [и др.]; под ред. д-ра ф.-м. н., проф. С. А Маскевича, д-ра с.-х. н., проф. С. С. Позняка. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – Ч. 3. – С. 63-66.

5. WEEE plastic and brominated flame retardants. A report on WEEE plastic recycling / Priti Mahesh [et al.]. – Toxics Linc, EMPA, Schweizerische Eidgenossenschaft, World resources forum (WRF), Sustainable recycling industries, 2016. – P. 54.

ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА» В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ

FOREST ECOSYSTEMS OF THE NATIONAL PARK «BELOVEZHSKAYA PUSHCHA» IN THE CONDITIONS OF THE MODERN ENVIRONMENTAL SITUATION

Е. С. Шавалда, Е. Г. Бусько
E. Shavalda, E. Buśko

*Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
shavalda@bk.ru*

Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

Целью данной работы является комплексное изучение современной экологической ситуации в лесных экосистемах Национального парка «Беловежская пушта». Широкое развитие промышленности, сельского хозяйства и автотранспорта привело к негативным последствиям в экосистеме Беловежской пушты. Трансграничный перенос поллютантов с промышленных предприятий Польши и Германии, и с учетом розы ветров также вносят свой вклад к неблагоприятным последствиям техногенеза. Помимо техногенного воздействия на лесные экосистемы воздействует фактор резкого увеличения диких копытных животных, чья деятельность снижает количество подроста с последующими экологическими последствиями. Также, важными проблемами является использование пестицидов, масштабное высыхание *Pinus sylvestris* и проведенная в БССР осушительная мелиорация.

The aim of this work is a comprehensive study of the current environmental situation in forest ecosystems of the National Park “Belovezhskaya Pushcha”. The wide development of industry, agriculture and vehicles has led to negative consequences in the ecosystem of Belovezhskaya Pushcha. The cross-border transfer of pollutants from industrial enterprises from Poland and Germany, and taking into account the wind rose, also contribute to the adverse effects of technogenesis. In addition to the technogenic impact on forest ecosystems, the factor of a sharp increase in wild ungulates is also affected; whose activity reduces the number of undergrowth with subsequent environmental consequences. Also important problems are the use of pesticides, large-scale drying of *Pinus sylvestris* and large-scale drainage reclamation carried out in the BSSR.

Ключевые слова: экология, техногенез, лесная экосистема, Беловежская пушта, поллютант, пестицид, мелиорация, дикие копытные животные.

Keywords: ecology, technogenesis, forest ecosystem, Belovezhskaya Pushcha, pollutant, pesticide, land reclamation, wild ungulates.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2020-1-320-323>

Беловежская пушта на сегодняшний день является одним из самых крупных остатков реликтового первобытного равнинного леса, который в доисторические времена произрастал на территории Европы. Столетиями равнинный лес сокращался за счет вырубок и различных войн, но в относительно нетронutom состоянии в виде крупного массива сохранился только в Беловежском регионе на территории современной Республики Польша и Республики Беларусь и занимает площадь 1250 км² (87,36 тыс. га). Наибольшая протяженность с запада на восток составляет 55 км, а с севера на юг – 51 км. Периметр всего массива Пушты составляет 400 км. Беловежская