

Выводы

Основными факторами, обеспечивающими эффективность коллекторов, является высокое значение отражающей способности внутренней поверхности этих коллекторов и их оптимальный продольный профиль (форма внутренней поверхности).

Литература.

1. Грищенко Ю. И. Оптико-механические и структурно фазовые поверхности гелиоустройств / Ю. И. Грищенко. – К. : Наукова думка, 1987.
2. Грищенко Ю. И. Регулирование оптических параметров воздействием окружающей среды / Ю. И. Грищенко. – К. : Наукова Думка. 1988.
3. Кикоин И.А. Таблицы физических величин. Атомиздат. М. 1976.

Предложенная технология может оказаться конкурентноспособной и заслуживает более полного исследования. Во всяком случае, авторы намерены продолжать оговоренные выше исследования.

УДК 504:620.9

**К ВОПРОСУ О ЛЕЕРНОЙ
ЭНЕРГЕТИКЕ, ИСПОЛЬЗУЮЩЕЙ
ВЕТРЫ БОЛЬШИХ ВЫСОТ**

Лапшин Ю.С.

Экологическая академия последипломного образования и управления Министерства экологии и природных ресурсов Украины.

Ул. Митрополита Василя Липковского, 35, 03035, г. Киев
deabgd@mail.ru

Работа является продолжением серии статей по разработке новых ветроэнергетических технологий совместно сотрудниками академии последипломного образования и управления Министерства экологии и природных ресурсов Украины, СП «Ланко» и Национального кременчугского университета. Суть этих технологий - использование энергии ветра больших высот (5000м) с помощью воздушного змея/аэростата. Ожидается высокая эффективность этих технологий для случаев, когда среднегодовая скорость ветра приземного слоя (высота – до 10м) не превышает 5м/с, что особенно актуально для большей части территории Украины. Отражены исследования по определению параметров леера равнопрочного сечения, сформулирована математическая задача установления параметров леера, гарантирующих надежность его работы. Вывод дифференциального уравнения, отражает напряженное состояние леера. Приводятся результаты расчетов по определению веса леера для некоторых вариантов конструкции. *Ключевые слова:* леер, крыло-аэростат, ветросиловая установка, система управления состоянием конструкции.

До питання про леєрні енергетиці, використовуються вітри великій висоті. Лапшин Ю.С. Робота є продовженням серії статей з розробки нових вітроенергетичних технологій спільно співробітниками Кадем післядипломної освіти та управління Міністерства екології та природних ресурсів України, СП «Ланко» та Національного кременчугського університету. Суть цих технологій - використання енергії вітру великих висот (5000м) за допомогою повітряного змія / аеростата. Очікується висока ефективність цих технологій для випадків, коли середньорічна швидкість вітру приземного шару. (Висота - до 10м) не перевищує 5м / с, що особливо актуально для більшої частини території України. Відображені дослідження з визначення параметрів леєра равнопрочного перетину, сформульована математична задача встановлення параметрів леєра, що гарантують надійність його роботи. Висновок диференціального рівняння, відображає напружений стан леєра. Наводяться результати розрахунків по визначенню ваги леєра для деяких варіантів конструкції. *Ключові слова:* леєр, крило-аеростат, вітросилова установка, система управління станом конструкції.

On the leyerni power, high altitude winds used. Lapshin Y.S. The work is a continuation of a series of articles on the development of new wind energy technology so Kadem staff and postgraduate education department of the Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine, JSC "links" and Kremenchug National University. The essence of these technologies - wind energy high altitudes (5000m) via a kite / balloon. Is a high efficiency of these technologies where average annual wind speed of the surface layer. (Height - up to 10m) is less than 5m / s, which is very important for most of the territory of Ukraine. Displayed study to determine the parameters of Leers full strength intersection formulated mate-matic task settings to be Leers, guaranteeing

reliability th of him. Conclusion differential equation reflects the state of stress Leers. The results of calculations to determine the weight Leers for some design options. *Keywords:* Leers, wing-balloon, Wind-driven setup, system-management as a design theme.

Работа является продолжением серии статей, отражающих разработку новых ветроэнергетических технологий, разрабатываемых совместно сотрудниками академии последипломного образования и управления Министерства экологии и природных ресурсов Украины, СП «Ланко» и Национального кременчугского университета. Суть этих технологий - использование энергии ветра больших высот (5000м) с помощью воздушного змея/аэростата.

Авторского коллектива обосновывает вывод: развитие энергетики в Украине должно происходить за счет повышения внимания к технологии получения биогаза (анаэробное брожение) и ветроэнергетическим установкам. Гелиоэнергетический потенциал Украины мал. Кроме того, увеличение выработки электроэнергии за счет пустынь (стремительное развитие гелиоэнергетики в мире, в том числе и европейские проекты) может привести к нарушению теплового баланса Земли. Поскольку именно пустыни охлаждают Землю в большей степени, чем прочие земные поверхности, атомная энергетика ещё и загрязняет Землю. Минусы энергетики, основанной на сжигании ископаемых углеводородов, общеизвестны.

Рассматриваются различные леерные варианты [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,] возможности, когда конструкции рамы с ветроколесами и генераторами поддерживаются на высоте аэростатом регулируемого объема. Аэростат совмещен с гибким крылом и, при достаточной силе ветра, работает в

режиме гибкого крыла. На этот период легкий газ из аэростата перекачивается в баллон. Баллон и компрессор могут находиться на высоте либо на земной поверхности. Во втором случае легкий газ от аэростата к баллону подается по гибкому трубопроводу (рис. 1).

Доказано, что леер постоянного по длине сечения при длине 5км (для материала с допустимой прочностью на разрыв – 1500кг/см² и удельным весом 3т/м³) может оборваться под действием собственного веса. А вес леера равнопрочного сечения пяти километровой длины, который выдерживает нагрузку 15000т, сам будет весить 25650т. На этом основании сделан вывод о том, что пока покорение больших высот технически недостижимо. В работе (рис. 2), исследованы возможности многоступенчатой конструкции. Сделан вывод о работоспособности этого варианта и целесообразности выполнения дальнейших работ, направленных на уменьшение стоимости конструкции, повышение её надежности (продление срока службы) и безопасности [11]. В работе рассмотрен один из возможных вариантов конструкции для ветросиловой установки мощностью 1гВт. Однако, результаты расчета (вес материала леера, 168 тыс. тонн, стоимость его \$504млн) свидетельствуют о необходимости поиска путей удешевления конструкции, что и является целью публикации.

Предмет и методы исследований

В статье рассмотрен тот же вариант электростанции большой мощности, исследование которого отражено в [11]. Основное внимание также уделено теоретическому определению параметров леера. Но в отличие от предшествующей работы авторы рассматривают вариант леера равнопрочной толщины, а не леер с неиз-

менной по его длине площадью поперечного сечения. Кроме того, авторы считают, что практически можно изготовить и поддерживать в эксплуатации крыло/аэростат, обладающий (при той же грузоподъемной силе) меньшим сопротивлением ветру. И это обстоятельство заложено (в качестве исходных данных) в расчет. Кроме того, подкорректировано значение расчетной плотности воздуха

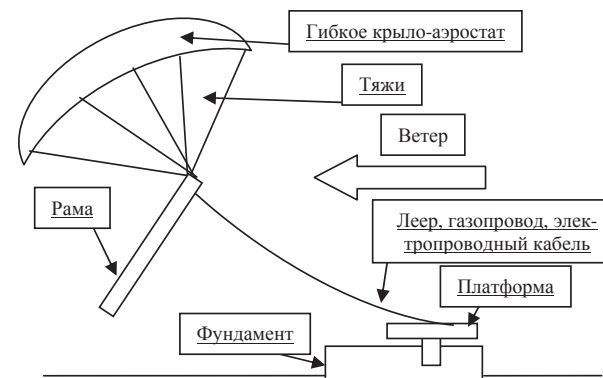


Рис.1.

Схема предлагаемой конструкции представлена на рис. 2. и не отражает реальную картину, поскольку, направление ветра на вертикали такой высоты различно для разных высотных отметок, а иногда и (на приземных участках) противоположно направлению ветра верхних слоев. Авторами эта схема принята к рассмотрению потому, что она представляет собой случай максимальной нагрузки на конструкцию.

Определяем разрывающие леер усилия. Удельная мощность ветрового потока M определяется выражением:

$M = mV^2/2$, где m – масса воздуха, прошедшая через 1м² живого сечения ветрового потока за единицу времени, V – скорость ветра. В случае $M = 0,7 \cdot 25^3 / 19,62 = 557,46 \text{ кгм/с} = 5,46 \text{ кВт}$ и с учетом КПД ветроколес (0,2) получаем, что 1 м² перехваченного ветропотока дает возможность получения 1,09 кВт электроэнергии. Таким образом, для решения этой задачи, требуется перехватить 0,917 км² живого сечения ветра. Предположим (запас расчета), что при этом у ветропотока отбирается в 2,4 раза больше энергии, чем требуется для полу-

чения электроэнергии, т.е. 0,48% перехватываемого воздушного потока останавливается системой ветроколес. Импульс силы равен изменению количества движения: $mV = F_p t$, где F_p – сила давления ветра на раму с ветроколесами, t – время воздействия этой силы. Получаем для нашего случая:

$$F_p = 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,917 \cdot 10^6 \cdot 625 / 9,81 = 20 \cdot 10^6 \text{ кг.}$$

Этот результат получен как предположение перпендикулярного расположения плоскости рамы относительно направления ветра. Допустим, что вес рамы с находящимся на ней оборудованием будет составлять 15 тыс. тонн (15 кг на 1 кВт мощности).

Тогда для определения горизонтальной составляющей силы, разрывающей леер в его верхней точке, примем предельно большое значение отношения $F/P = 0,2$. В этом варианте предположений имеем равенство:

$$F_p + 0,2P = F_r \quad (1)$$

Т.е. $F_r = 23000t$.

Определение параметров леера равнопрочного сечения

Теоретические исследования выполняются на основе следующих допущений:

- $F/P \leq 0,2$, где F – сила давления ветра на узел, обеспечивающий подъем, P – подъемная сила этого узла;

- удельный вес материала леера – $7,8 \text{ т/м}^3$, допустимое напряжение на

разрыв этого материала – 4000 кг/см^2 [14];

- характеристики ветра: скорость – 25 м/с , удельный вес воздуха – $0,7 \text{ кг/м}^3$;

- мощность ветросиловой установки – 1 ГВт при КПД использования энергии ветра – $0,2$.

Определим вес леера на участке его свободного провисания, т.е. между точками подвеса, полагая, что действующая на леер собственная ветровая нагрузка мала по сравнению с запасами расчета уже заложенными в нашу расчетную схему, и эту ветровую нагрузку не учитываем, т.е., леер имеет равнопрочное по длине сечение.

Вывод уравнения осевой линии леера

Условие равной прочности в каждом поперечном сечении леера выражается следующей зависимостью:

$$F = \sigma S, \quad (2)$$

где F – разрывающее усилие, σ – допустимое напряжение, S – площадь поперечного сечения леера. Считаем леер гибкой нитью, уравнение которой – $y = f(x)$. Схематически график этой функции представлен на рис. 3. Граничные условия в начале координат: x , y и y' равны нулю, горизонтальная составляющая F равна суммарной ветровой нагрузке и обозначена символом F_0 . Вертикальная составляющая силы F , которую мы обозначим символом F_y , в начале координат равна нулю.

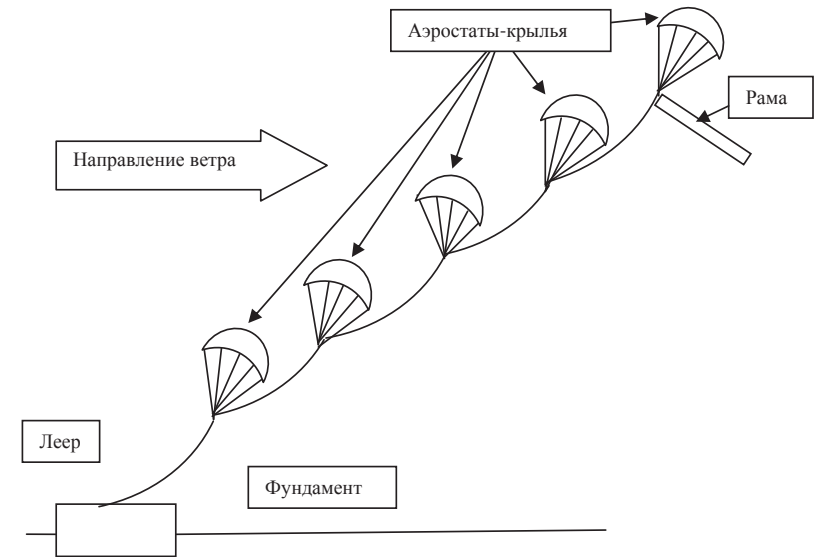


Рисунок 2

Из условия гибкости нити следует:

$$\frac{F_y}{F_0} = \frac{dy}{dx}, \quad (3)$$

Откуда:

$$\frac{dF_y}{dx} = F_0 \cdot y'', \quad (4)$$

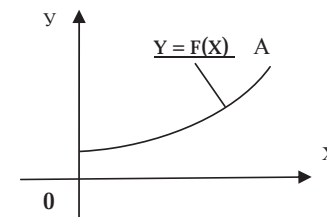


Рисунок 3

Рассмотрим элементарный участок леера длиной dl .

$$dl = \sqrt{(dx)^2 + (dy)^2} = \sqrt{1 + (y')^2} dx \quad (5)$$

Из (2) следует:

$$dF = \sigma dS. \quad (6)$$

Сделан вывод: сила давления ветра на леер мала по сравнению с запасом прочности, который обеспечивает наш допуск о превышении силы давления на раму над силой, обуславливающей выработку электроэнергии, (соотношение – 2,4). На этом основании боковое давление ветра на леер не учитываем.

Т.е., горизонтальная составляющая силы F неизменна на всем участке и равна F_0 . Вертикальная составляющая силы F изменится в пределах элементарного участка на величину, равную весу данного элементарного участка леера. Т.е. приращение веса элементарного участка можно считать равным:

$$dF_y = \gamma S dl = \gamma S \sqrt{1 + (dy')^2} dx, \quad (7)$$

где γ удельный вес материала леера.

$$F = \sqrt{(F_0)^2 + (F_y)^2}, \quad (8)$$

Следовательно, из (6) и (8) имеем:

$$\sigma dS = \frac{F_y F_y'}{\sqrt{(F_x)^2 + (F_y)^2}} dx \quad (9)$$

откуда:

$$\sigma dS = \frac{y' F_y'}{\sqrt{1 + (y')^2}} dx \quad (10)$$

Из (7) и (10) следует:

$$\sigma dS = y S dy \quad (11)$$

В результате разделения и интегрирования переменных имеем:

$$\ln(S) = \frac{1}{\sigma} y + C \quad (12)$$

При $y = 0$, $S = S_0$, значит $C = \ln(S_0)$.

Таким образом, параметры леера определяет уравнение:

$$\ln\left(\frac{S}{S_0}\right) = \frac{1}{\sigma} y \quad (13)$$

Это уравнение можно представить в следующей форме:

$$\frac{S}{S_0} = e^{\frac{1}{\sigma} y} \quad (14)$$

Учитывая, что

$$\frac{s}{s_0} = \sqrt{1 + (y')^2}, \quad (15)$$

получаем дифференциальное уравнение осевой линии леера в таком виде:

$$\sqrt{1 + (y')^2} = e^{\frac{1}{\sigma} y} \quad (16)$$

Это – уравнение с разделяющимися переменными.

$$y' = \sqrt{e^{\frac{2}{\sigma} y} - 1} \quad (17)$$

$$dy/\sqrt{e^{\frac{2}{\sigma} y} - 1} = dx \quad (18)$$

Но мы не будем его интегрировать, поскольку для наших практических целей более удобными оказываются его эквиваленты – (13) и (17).

Определение параметров леера (пример)

Горизонтальная составляющая в верхней точке первого (сверху) уча-

стка леера равна 23000т. В силу гибкости леера и принятых нами допущений о малой ветровой нагрузке, непосредственно действующей на леер, имеем: $S_0 = 23000\text{т}/40000\text{т}/\text{м}^2 = 0,575 \text{ м}^2$. Результаты расчетов по определению различных вариантов верхней ступени леера сведены в таблицу 1. У читателя может возникнуть недоумение. Действительно, тот факт, что для двух ступенчатой конструкции в нашем примере получен отрицательный эффект, который может только усугубляться с увеличением количества ступеней. Мы говорим о том, что в одноступенчатой конструкции высотой 5000м вес леера 56472т. А суммарный вес леера двух участков конструкции 2500 метровой высоты составляет 59108т. В этом случае проявился недостаток конструкции, вызванный малым значением y' при приближении линии леера к началу координат. Этот недостаток следует устранить следующим конструктивным решением. Определим участок леера требуемой высоты, который обладает меньшим весом, т.е. определим минимум функции:

$$F_y = F_0 \left(\sqrt{\frac{2y'}{\sigma} (\sigma + 1)} - 1 - \sqrt{\frac{2y'}{\sigma}} - 1 \right), \quad (19)$$

где H – высота рассматриваемого участка леера. Приравняв нулю значение первой производной правой части последнего уравнения по y , и решая полученное уравнение относительно y , получаем значение y , соответствующее нижней точке участка леера высотой H :

$$y = \frac{\sigma}{2y} \ln \left(1 + \frac{1}{e^{\frac{1}{2yH}}} \right). \quad (20)$$

Для $H = 5000\text{м}$ получаем, что $y = 1061,477\text{м}$. При этом вес леера составит 54915т. Т.е. уменьшится на 1557т. Но усилие на удержание леера должно быть доведено до 71386т, что вряд ли целесообразно. Иначе обстоит дело с многоступенчатым леером. Для леера, состоящего из двух ступеней (высота - H каждой из ступеней равна 2500м), длина отброшенного нижнего участка (определяемого по формуле (20)) равна – 820,6335м. Усилие, необходимое для удержания этого участка леера в рабочем состоянии (F_y) составит 37440,5т. Вес верхнего участка леера будет равен =23323,837т. Кроме того, нижний участок леера (нижняя ступень) унаследует от верхнего участка подъемное усилие, величиной 14125,67т. Т.е. вес отброшенного нижнего тяжелого и неэффективного участка.

Выполненные авторами теоретические исследования выявили, что лучшими показателями в отношении минимального прироста веса леера на единицу подъема обладает точка,

в которой $y = \frac{\sigma}{2y} \ln(2)$, а $y' = 1$.

Дополнительные предложения

Полученные результаты наталкивают на мысль о необходимости теоретического исследования такого варианта леерной многоступенчатой ветроэнергетической установки, в верхних ступенях которой вместо аэростатов будут функционировать (обеспечивая подъемную силу) своеобразные этажерки, полками которых будут легкие конструкции, представляющие по сути крылья планера.

Эти конструкции (обладающие малым весом и отличным аэродинамическим качеством) будут приводиться в рабочее положение и поддерживаться в оптимальном положении вертолетной системой, получающей электропитание (вначале) от наземного источника, а в рабочем состоянии – от собственной электросистемы. В процессе приведения установки в рабочее положение (и вывода из него) генераторы рамы работают в режиме электродвигателей от наземного источника питания, обеспечивая подъем либо мягкую посадку. Следует проверить эффективность рамы, включающей в себя узлы с шарнирным креплением отдельных звеньев.

Заключение

Доказаны технические преимущества леера равнопрочного сечения перед леером с постоянным по длине сечением. Перспективы очевидны, но предстоит выполнить огромный объем теоретических исследований, затем практических изысканий и следует поспешить ибо это намечающееся направление энергетики, возможно, спасет Украину.

Задачи дальнейших исследований и разработок – определение оптимальных параметров конструкции, поиск лучших средств борьбы с обледенением поверхности конструкции, поиск лучшего способа защиты от молний, создание системы мониторинга параметров атмосферы в зоне расположения данной ветросиловой установки, определение оптимальных параметров крыльев-аэростатов, разработка автоматической системы управления состоянием крыльев аэростатов, разработка сис-

темы доставки выработанной на вы-
соте энергии к наземным трансфор-
маторам, разработка мер предотвра-
щения повреждения конструкции при
приземлении её на период опасных
метеорологических состояний или
ремонтных работ, разработка мер
безопасности на случай возникнове-
ния аварийной ситуации, создание
действующего макета (уменьшенных
размеров) и отработка на нём систе-
мы управления состоянием конст-
рукции.

Литература

1. Розин Н.М. «Парашютный ветряк» Доклад на Международной конференции «Возоб-
новляемая и малая энергетика». Москва. 10.06.09.
2. Ардашов С.А. Лапшин Ю.С. Анализ ветроэнергетики Украины и выявление перспектив
её развития Матер.ХІ Міжнар. наук.-техн. конфер. «Електромеханічні та енергетичні
системи, методи моделювання та оптимізації» КрНУ ім. М. Остроградського. Кремен-
чуг; 2013.
3. Лапшин Ю.С., Степаненко В.Н., Клещов В.В., Юрченко / В.М.; . Авторское свидетель-
ство СССР № 1000583. Ветроэлектростанция. / заяв. 18.11.1981, опубл. 28.02.1983, Бюл. №8.
4. . Авторское свидетельство СССР № 1164458. Устройство для отклонения ветрового
потока. /Лапшин Ю.С., Тромшинская Т.Г.; заявл. 28.05.1982, опубл. 30.06.1985, Бюл. № 24
5. . Лапшин Ю.С. Ардашов С.А. Безбашенная ветроэнергетическая установка. Вестник
КрНУ им. М. Остроградского. Выпуск 3, – Кременчуг;2013.
6. Лапшин Ю.С. Ардашов С.А. об увеличении производительности гидроэлектростанций
за счет перекачки воды из нижнего бьефа в верхний бьеф водохранилищ ветросиловы-
ми установками. Вестник КрНУ им. М. Остроградского. Выпуск 5, – Кременчуг; 2013
7. Лапшин Ю.С., Лихачев О.К., Голубцова Н.Ю., Милецкая С.А. Ветроэнергетическая
установка.; Авторское свидетельство СССР № 1021805. Роспатент RU (11) 2045683 (13)
С1 (51) 6 F03D11/00 заявл 07.07.1992, опубл. 10.10.1995
8. Лапшин Ю.С. Устройство для отклонения ветрового потока. / ; заяв. 12.09.1980, опубл.
07.06.1983, Бюл. № 21
9. Лапшин Ю.С. К вопросу об эффективности ветроэнергетических технологий,
Н.Ж.Экологічні науки, №6, 2014.
10. Лапшин Ю.С. О эффективности леерных ветроэнергетических технологий,
Н.Ж.Экологічні науки, №7, 2014.
11. Седых Н.А. Ветер и возобновляемая энергетика. Ж.Винахідник і раціоналізатор, № 1
2012р.–С.7 – 10.
12. Свен Уделл. Солнечная и другие альтернативные источники энергии. Москва, Знание. –
1980. – 88 с.
13. Дж. Твайделл, А.Уейр. Возобновляемые источники энергии. Перевод с английского.
Москва. Энергоатомиздат. – 1990. – 392 с.
14. И.К. Кикоин Таблицы физических величин..М, Атомиздат – 1976.

Таблица 1

Высоталеера м	у'	Вес леера т
5000	2,4553367	56472
4000	1,9387666	44591
3000	1,4906341	34284
2500	1,2854926	29554
2000	1,0869549	23979
1500	0,8916222	20507
10000	0,6906376	15884
500	0,4640159	10672

ІННОВАЦІЙНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОБЕЗПЕКИ

УДК 504.4.05/06:577.4;502;338

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЕКОТУРИЗМІ

Готинян В.С.¹, Кучма Т.Л.², Івашина О.В.¹

¹Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління,
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ,
vsgot@ukr.net;

²Інститут агроекології та природокористування НААН,
вул. Метрологічна, 12, 03143, м. Київ,
tanyakuchma@yahoo.com

Розглянуто особливості об'єктів екологічного туризму й ознаки, за якими вони відрізняються від інших видів туризму. Становлення та подальший розвиток екотуризму пов'язані з розробкою спеціальних екотуристичних програм на державному, регіональному і місцевому рівнях, в яких необхідно передбачити створення відповідної інфраструктури з геоінформаційним забезпеченням. Геоінформаційною системою (ГІС). Наведено структуру та перелік основних функцій ГІС, обґрунтовано доцільність використання даних з дистанційного зондування Землі, адже максимальна ефективність впровадження геоінформаційних технологій в екотуризмі може бути досягнута при їх інтеграції з GPS- та Web-технологіями і цифровим картографуванням. *Ключові слова:* екологічний туризм, геоінформаційні технології, дистанційне зондування Землі, екотуризм, GPS- та Web-технології.

Перспективы использования геоинформационных технологий в экотуризме. Готинян В.С., Кучма Т.Л., Ивашина Е.В. Рассмотрены особенности объектов экологического туризма и признаки, по которым они отличаются от других видов туризма. Становление и дальнейшее развитие экотуризма связаны с разработкой специальных экотуристических программ на региональном и местном уровнях, в которых необходимо предусмотреть создание соответствующей инфраструктуры, с геоинформационным обеспечением (геоинформационный (ГИС). приведены структура и перечень основных функций ГИС, обоснована целесообразность использования современных данных дистанционного зондирования Земли, поскольку максимальная эффективность внедрения геоинформационных технологий в экотуризме может быть достигнута при их интеграции с GPS- и Web-технологиями и цифровым картографированием. *Ключевые слова:* экологический туризм, геоинформационные технологии, дистанционное зондирование Земли, экотуризм, GPS- и Web-технологии.