

УДК 622.23:504.3.054

© Т.И. Долгова, И.Г. Миронова, А.В. Павличенко

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РАСТЕНИЙ ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ВЫБРОСОВ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ШАХТ

Выполнены исследования состояния растений произрастающих на территориях прилегающих к железорудному комбинату. Установлены закономерности изменения степени повреждения озимой пшеницы в зависимости от расстояния до вентиляционных стволов железорудной шахты.

Виконані дослідження стану рослин, що зростають на територіях прилеглих до залізорудного комбінату. Встановлено закономірності зміни ступеня пошкодження озимієї пшениці в залежності від відстані до вентиляційних стволів залізорудної шахти.

The studies of the status of plants growing in areas adjacent to the iron ore plant are conducted. The regularities of changes in the damage degree of winter wheat depending on the distance to the ventilation shafts of iron ore mines are fixed.

**Введение.** Длительная и широкомасштабная добыча железных руд привела к повышению уровня загрязненности атмосферного воздуха, водных объектов, земельных угодий, накоплению значительного количества горнопромышленных отходов, что значительно снижает уровень экологической безопасности в железорудных регионах Украины. Такая ситуация приводит к изменению природных условий существования живых организмов, включая человека, уменьшению биоразнообразия, повышению уровня заболеваемости и сокращению продолжительности жизни населения.

На сегодняшний день железорудными шахтами Украины как основные взрывчатые вещества (ВВ) используются тротилосодержащие аналоги. После проведения взрывных работ, связанных с добычей железной руды, отработанный воздух из шахт поступает в атмосферу через вентиляционные стволы без очистки, так как до сих пор не существует эффективного оборудования для улавливания и очистки газов, поступающих на поверхность в значительных объемах. Эти выбросы негативно влияют на объекты окружающей среды, в том числе на здоровье населения проживающего на прилегающих территориях.

При взрывании 1 кг тротилосодержащих ВВ образуется 890–950 литров токсичных газов [1]. Анализ технических показателей и производственной деятельности железорудных шахт Криворожского бассейна и Белозерского железорудного района, позволил установить, что шахтами ЧАО «Запорожский железорудный комбинат» (ЧАО «ЗЖРК») для добычи железной руды используется в среднем 2,9 млн. кг тротилосодержащих ВВ в год, что в 5–7 раз больше чем на каждой железорудной шахте отдельно [2]. Поэтому прилегающая территория сельскохозяйственных угодий, на которой произрастают культуры агрофитоценозов, является актуальным полигоном для проведения исследований изменения ростовых процессов озимой пшеницы, под влиянием шахтных источников выброса.

**Цель работы** заключается в проведении исследований степени и характера повреждения растений произрастающих в зоне влияния железорудной шахты.

**Изложение основного материала исследований.** Оценка степени повреждения растений в районах добычи железных руд проводилась на территории сельскохозяйственных угодий, прилегающих к железорудной шахте ЧАО «ЗЖРК» от северного вентиляционного ствола (СВС), из которого отработанная струя воздуха выбрасывается в атмосферу. Опираясь на сравнительный анализ видов экологического мониторинга воздушной среды, был выбран наиболее целесообразный метод мониторинга, основанный на изменении процессов онтогенеза культур агрофитоценоза под влиянием техногенной нагрузки [3].

Отбор пробных снопов с исследуемых площадок площадью в 1 м<sup>2</sup> производили на поле расположенном севернее и северо-восточнее от СВС параллельно автомобильной дороге ведущей от промышленной площадки ЧАО «ЗЖРК» в сторону с. Малая Белозерка (Запорожская обл.). Поле, имеющее размеры 700×1100 м берет свое начало в 20 м от СВС в направлении с. Малая Белозерка и заканчивается в 30 м от водооросительного канала. Для исследования изменения ростовых процессов озимой пшеницы при техногенной нагрузке пробные площадки размещались на расстоянии 50, 100, 300, 500 и 1000 м от источника загрязнения воздуха. В связи с тем, что в условиях рыночной экономики большинство сельскохозяйственных угодий взято в аренду частными юридическими лицами и учет сортов озимой пшеницы при их высаживании не производится, поэтому шестая пробная площадка размещалась на расстоянии 10 км от источника загрязнения, и использовалась в качестве контрольной. Во избежание погрешности в результатах исследования отбор снопов озимой пшеницы вместе с корневой системой производили на расстоянии не менее 10-20 м от проезжей части, это связано с возможностью влияния на процесс развития растений дорожной пыли. Отбор пробных снопов озимой пшеницы проводили за 1–7 дней до начала сбора урожая в конце июня месяца 2011 года. Растительные пробы отбирали в утренние часы. Растения выкапывали вместе с корневой системой, и укладывали снопом в полиэтиленовый пакет вместе с этикеткой, на которой указывали расстояние в метрах до источника выброса. Отобранные образцы снопов отправляли в лабораторию. В лаборатории, каждый по отдельности отобранный сноп озимой пшеницы выкладывали на бумаге, разделяя его на отдельные раскустившиеся растения из одной корневой системы. Помещение, где располагались пробные снопы, хорошо проветривалось. Температура воздуха в помещении составляла – 20–24 °С. Для лучшего просушивания снопов пшеницы через каждые двое суток выполняли их переворачивание. После того как снопы пшеницы были высушены производили очистку корневой системы от почвы, других растений, насекомых, камней и т.д.

Одними из основных показателей онтогенеза озимой пшеницы являлись рост, биомасса, количество раскустившихся растений, колосьев зерен в колосе. Рост учитывает линейные размеры корневой системы и надземной части растения. Измерение линейных размеров растения заключалась в измерении длины корневой системы, высоты растения и длину колосьев. Масса одного растения включа-

ла в себя измерение сухой фитомассы надземной и подземной (коревой системы) частей растения. Поэтому для измерения этих основных показателей продукционного процесса растений использовались следующие приборы и инструменты, такие как линейка, электронные весы и фарфоровая чаша.

Озимая пшеница является одной из наиболее требовательных культур агрофитоценоза к воздействию факторов окружающей среды. Как было уже сказано, что эти факторы можно разделить на метеорологические и технологические. К основным технологическим факторам относятся зона выращивания, плодородие почвы, условия увлажнения и особенности применяемой технологии возделывания, а также техногенная нагрузка на озимую пшеницу. Метеорологические факторы включают в себя показатели погодных условий. Ведущая роль в формировании высокой продуктивности, свойств морозостойкости и зимостойкости озимых культур принадлежит температуре, свету, наличию в почве сбалансированного минерального питания и влаге. Анализ данных дневника погоды с 1 октября 2010 г. по 1 июля 2011 г. по метеостанции расположенной в 10 км от промышленной площадки ЧАО «ЗЖРК» в с. Малая Белозерка позволил установить, что погодные условия являлись благоприятными в вегетационный период озимой пшеницы [4].

Во время вегетационного периода озимая пшеница подвергается комплексной экологической нагрузке. Это проявляется в результате сельскохозяйственной деятельности, естественных процессов (водной и ветровой эрозии) и особенно техногенной нагрузки. Для установления характера изменения биологических признаков озимой пшеницы, выполняли исследования показателей онтогенеза пробных снопов. Внешний вид снопов озимой пшеницы, которые отобраны с пробных площадок, на разном расстоянии от источника выброса представлено на рис. 1.

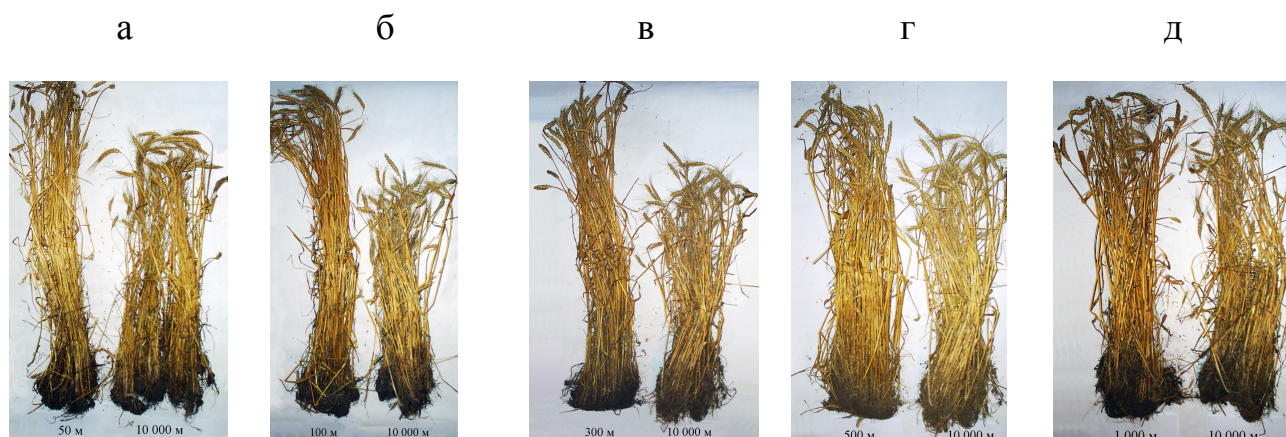


Рис. 1. Внешний вид снопов озимой пшеницы на расстоянии от источника выброса: 50 м (а), 100 м (б), 300 м (в), 500 м (г), 1000 м (д)

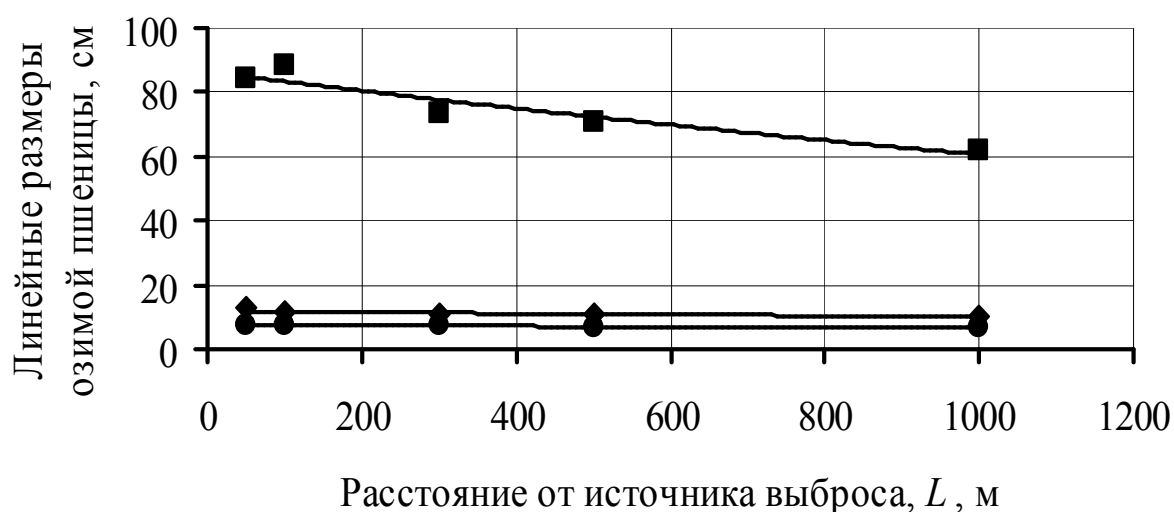
Результаты измерения линейных размеров и весовых показателей озимой пшеницы в зависимости от расстояния до источника выброса, представлены в табл. 1.

### Результаты измерения показателей онтогенеза озимой пшеницы

Показатель	Расстояние от источника выброса, м					
	50	100	300	500	1000	10000
Длина колоса, см	7,5 (+15)	7,4 (+14)	7,2 (+11)	7,1 (+9)	6,7 (+3)	6,5
Длина стебля, см	84,4 (+50)	88,7 (+58)	73,7 (+31)	70,5 (+25)	62,0 (+10)	56,3
Длина корневой системы, см	12,7 (+23)	11,4 (+11)	10,8 (+5)	10,6 (+3)	10,4 (+1)	10,3
Масса зерен с одного растения, г	0,7 (-30)	0,8 (-20)	0,9 (-10)	1,0	1,0	1,0
Масса 1000 зерен, г	34,8 (-22)	35,9 (-20)	37,8 (-15)	40,1 (-10)	42,4 (-5)	44,6
Биологическая урожайность, ц/га	49,3 (-31)	51,2 (-28)	55,4 (-22)	62,4 (-12)	68,0 (-4)	71,2

**Примечание:** в круглых скобках приведено расхождение результатов относительно контроля, %

Общую картину уменьшения линейных размеров озимой пшеницы с увеличением расстояния от источника выброса можно наблюдать по изменению длин колоса, стебля и корневой системы (рис. 2). Выполненный анализ значений величин линейных размеров пшеницы, позволил установить, что вредные газы, исходящие из вентиляционных стволов, оказывают существенное влияние на линейные размеры онтогенеза озимой пшеницы, и способствуют их увеличению при приближении к источнику выброса.



● Длина колоса; ■ Длина стебля; ◆ Длина корневой системы;

Рис. 2. Характер изменения линейных размеров озимой пшеницы с увеличением расстояния от источника выброса

Проведя аппроксимацию максимальных значений при помощи программы Microsoft Excel 2003, получены эмпирические уравнения зависимостей линейных размеров озимой пшеницы с увеличением расстояния от источника выброса  $L$ .

Для линейных размеров озимой пшеницы, произрастающей на разном расстоянии от источника выброса, эмпирические зависимости имеют вид:

– длина колоса

$$l_{кол} = 7,5 \cdot e^{-0,0001L}, \text{ см,} \quad \text{при } R^2 = 0,988, \quad (1)$$

где  $L$  – расстояние от источника выброса, м;

– длина стебля

$$l_{ст} = 86,42 \cdot e^{-0,0004L}, \text{ см,} \quad \text{при } R^2 = 0,912; \quad (2)$$

– длина корневой системы

$$l_{кс} = 11,88 \cdot e^{-0,0002L}, \text{ см,} \quad \text{при } R^2 = 0,903. \quad (3)$$

Таким образом, линейные размеры озимой пшеницы с увеличением расстояния от всех источников загрязнения изменяется по экспоненциальной зависимости.

При выполнении дальнейших исследований общую картину увеличения весовых показателей озимой пшеницы с увеличением расстояния от источника выброса можно наблюдать по изменению массы зерен с одного растения и массы 1000 зерен (рис. 3, а и б). Выполненный анализ значений величин весовых показателей пшеницы, позволил установить, что вредные газы, исходящие из вентиляционных стволов, оказывают существенное влияние на весовые показатели озимой пшеницы, и способствуют их увеличению при удалении от источника выброса.

Проведя аппроксимацию максимальных значений при помощи программы Microsoft Excel 2003, получены эмпирические уравнения зависимостей весовых показателей озимой пшеницы с увеличением расстояния от источника выброса  $L$ .

Для весовых показателей озимой пшеницы, произрастающей на разном расстоянии от источника выброса, эмпирические зависимости имеют вид:

– масса зерен с одного растения

$$M_z = 0,77 \cdot e^{0,0003L}, \text{ г,} \quad \text{при } R^2 = 0,905; \quad (4)$$

– масса 1000 зерен

$$M_{1000} = 35,2 \cdot e^{0,0002L}, \text{ г,} \quad \text{при } R^2 = 0,941. \quad (5)$$

Таким образом, весовые показатели озимой пшеницы с увеличением расстояния от всех источников выброса изменяется по экспоненциальной зависимости.

Выполненный анализ значений величин биологической урожайности пшеницы, позволил установить, что вредные газы, исходящие из вентиляционных стволов, оказывают существенное влияние на урожайность озимой пшеницы, и способствуют их увеличению при удалении от источника выброса. Особенности изменения урожайности озимой пшеницы в зависимости от расстояния до источника выброса приведены на рис. 4.

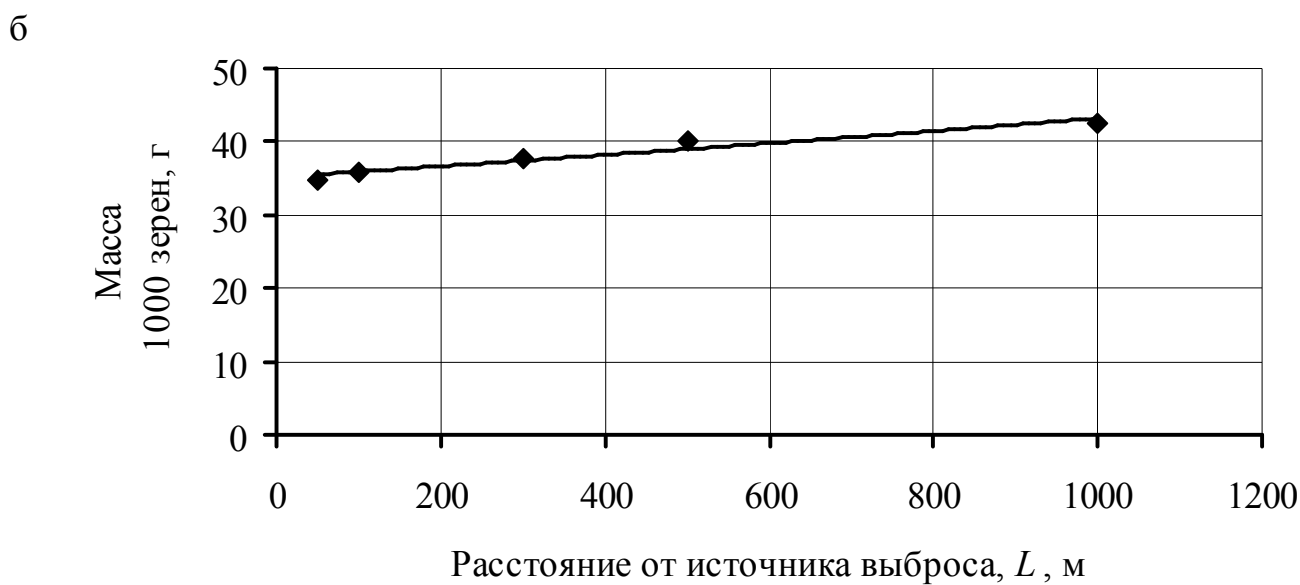
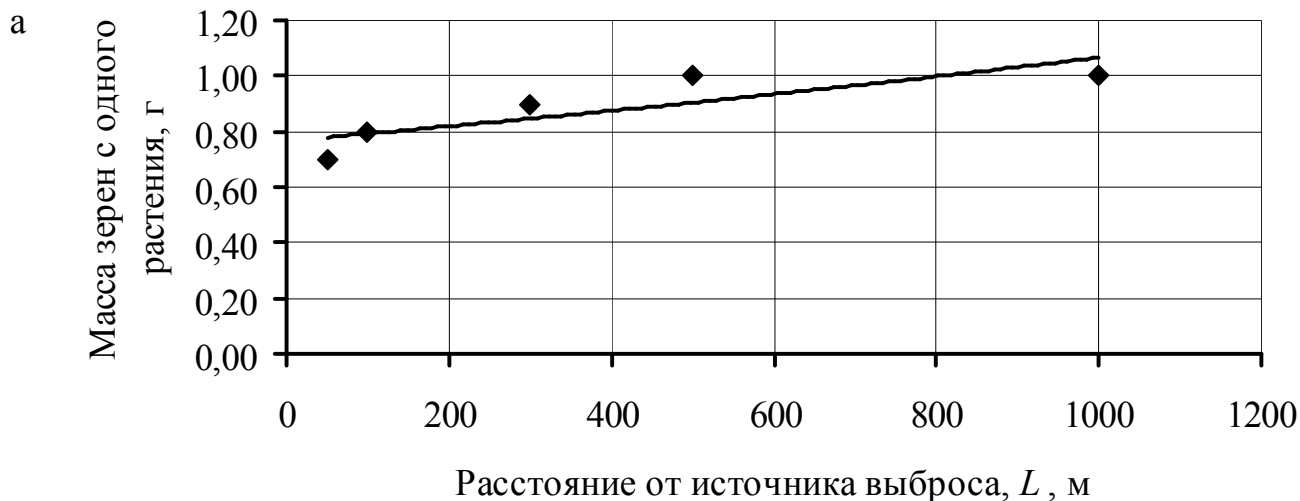


Рис. 3. Характер изменения массы зерен с одного растения (а) и массы 1000 зерен (б) в зависимости от расстояния до источника выброса

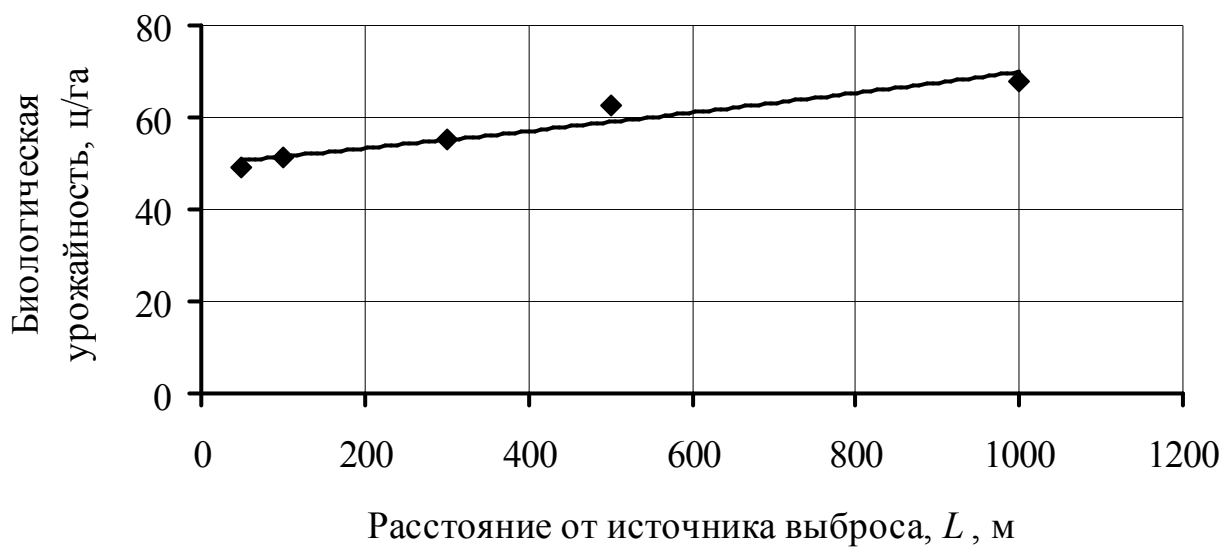


Рис. 4. Характер изменения биологической урожайности озимой пшеницы с увеличением расстояния от источника выброса

Проведя аппроксимацию максимальных значений при помощи программы Microsoft Excel 2003, получены эмпирическое уравнение зависимости биологической урожайности озимой пшеницы с увеличением расстояния от источника выброса  $L$ .

Для биологической урожайности озимой пшеницы, произрастающей на разном расстоянии от источника выброса, эмпирическая зависимость имеет вид:

$$B_{\text{биол}} = 49,8 \cdot e^{0,0003L}, \text{ ц/га, при } R^2 = 0,944. \quad (6)$$

Таким образом, биологическая урожайность озимой пшеницы с увеличением расстояния от источника загрязнения изменяется по экспоненциальной зависимости.

Установлено, что вредные газы, исходящие из вентиляционных стволов, оказывают существенное влияние на урожайность озимой пшеницы, и способствуют их увеличению при удалении от источника выброса.

**Выводы.** В результате проведенных исследований на территории размещения железорудных шахт был выполнен анализ изменения биологических признаков культур агрофитоценоза на примере озимой пшеницы, произрастающей на разном удалении от источника загрязнения. Исследования показали, что линейные размеры пшеницы вблизи источника выброса увеличиваются, а с удалением от него уменьшаются, а весовые показатели, наоборот, вблизи – уменьшаются, а с увеличением расстояния – увеличиваются. Дальнейшие исследования позволили установить зависимости изменения биологических признаков с увеличением расстояния от источника выброса, которые изменяются по экспоненциальному закону.

Выявленный в результате проведенных исследований процесс развития озимой пшеницы и установленный характер изменения его в условиях техногенеза железорудной шахты подтверждают необходимость разработки комплекса природоохранных технологий, позволяющих повысить уровни экологической безопасности подземной добычи железных руд.

#### Список литературы

1. Поздняков З. Г. Справочник по промышленным взрывчатым веществам и средствам взрывания / З. Г. Поздняков, Б. Д. Росси. – [2-е изд.]. – М.: Недра, 1977. – 253 с.
2. Горнорудное дело Украины в сети Интернет: справочник / О. Е. Хоменко, М. Н. Кононенко, А. Б. Владыко, Д. В. Мальцев. – Д.: Национальный горный университет, 2011. – 288 с.
3. Методическое руководство по исследованию смешанных агрофитоценозов / [Ламан Н.А., Самсонов В.П., Прохоров В.Н. и др.]. – Мн.: Навука і тэхніка, 1996. – 101 с.
4. Дневник погоды в Малой Белозерке: Gismeteo прогноз погоды: [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.gismeteo.ru/diary/13429.htm>

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Колесником В.Е.  
Надійшла до редакції 02.09.2014*