

УДК 574.21+581.5+911.53

А. П. Гусев

ФИТОИНДИКАТОРЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА

В работе рассматриваются результаты изучения синантропной растительности как индикатора инженерно-геологических процессов. Для индикационных целей применена эколого-флористическая классификация Браун-Бланке. Синтаксономические единицы этой классификации на уровне ассоциаций и союзов хорошо отражают условия местообитания и экологию сообществ, имеют высокую информативность. На основе исследований проведенных на территории урбанизированных ландшафтов Полесья (города Гомель, Речица и др.) установлена связь между распространенностью различных ассоциаций и классами условий геологической среды, определяющих степень проявления ряда инженерно-геологических процессов. Выделены сообщества, являющиеся индикаторами процессов подтопления городской территории, дефляционной опасности, эродированности почв.

Современные геологические процессы и явления часто отражаются в структуре и динамике растительного покрова, в сукцессиях растительности. Наиболее пригодной для индикационных целей является классификационная система растительности Браун-Бланке [6, 8, 10]. Метод Браун-Бланке обладает рядом преимуществ: развитой методологией, позволяющей классифицировать любую растительность, в том числе и городскую; совершенной системой номенклатуры; гибкостью критериев классификации; высокой информативностью синтаксонов; открытостью и пластичностью системы; доступностью и простотой в применении. Синтаксономические единицы этой системы, выделяемые на основе флористического состава, хорошо отражают условия местообитания сообщества (тип экотопа) и экологию самих сообществ, в том числе сукцессионную стадию их развития. На основе синтаксонов растительности можно судить о степени антропогенной преобразованности ландшафтов, интенсивности их хозяйственного использования, изучать экзогенные геологические процессы, активизировавшиеся под воздействием инженерной деятельности человека [2, 7].

В ходе полевых работ было выполнено свыше 600 геоботанических описаний стихийно формирующейся (спонтанной) растительности в различных типах антропогенных и природно-антропогенных ландшафтов. Для изучения растительности использовались пробные площадки (10×10 и 5×5 м). Проективное покрытие определялось по 5-балльной шкале: + — менее 1 %, 1 — менее 5 %, 2 — 6...15 %, 3 — 16...25 %, 4 — 26...50 %, 5 — более 50 %. Геоботанические описания сводились в фитоценологические таблицы и для каждого вида устанавливался класс постоянства: I — менее 20 %; II — 21...40 %; III — 41...60 %; IV — 61...80 %; V — 81...100 %. Обработку материалов проводили по методу Браун-Бланке [6, 8, 10, 12]. При классификации широко применялся дедуктивный метод Копечки-Гейни [11]. Наряду с ассоциациями этим методом выделялись "сообщества", которые подчинялись непосредственно классу, порядку или союзу на основе представленности диагностических видов высших единиц. Различались базальные "сообщества" (сформированы "своим" доминантом, т. е. — представителем "чужого" синтаксона), и "дериватные" сообщества. Синтаксономическая диагностика ассоциаций выполнялась по [8, 12].

На основе исследований, проведенных в 2000—2006 гг. на территории городов Гомель, Речица, Мозырь, Светлогорск, Лельчицы Гомельской области, была выяснена фитоценотическая структура синантропной растительности городского ландшафта. Изучена растительность пахотных земель, огородов, залежей, пустырей, садов, насыпей железных дорог, технических сооружений, карьеров, намывных массивов грунтов, т. е. основных типов антропогенных экотопов, распространенных на урбанизированной территории.

Фитоценотическая структура представлена сообществами 9 классов, 12 порядков, 16 союзов. Всего выделено 34 ассоциации, 6 базальных и 5 дериватных "сообществ". Продромус синантропной растительности изученной территории имеет вид:

класс *Stellarietea media* (Br.-Bl. 1931) Tx., Lohmeyer et Preising in Tx. 1950 em Hirpre et Hofmeister 1990

порядок *Polygono-Chenopodietalia* (R.Tx. et Lohm. in R.Tx. 1950) J.Tx. et al. 1962

союз *Scleranthion annui* (Kruseman et Vlieger 1939) Sissingh in Westhoff et al. 1946
 союз *Panico-Setarion* Siss. in Westh. et al. 1946
 союз *Polygono-Chenopodion* W.Koch. 1926 em Siss. 1946
 порядок *Sisymbrietalia officinalis* J.Tx. et Matusz. 1962 em Gors 1966
 союз *Sisymbrium officinalis* R.Tx., Lohm., Prsg. in R.Tx. 1950 em Hejny et al. 1979
 союз *Salsolion rutenicae* Philippi 1971
 класс *Artemisietea vulgaris* Lohm., Prsg. et R.Tx. in R.Tx. 1950 em Kopecky in Hejny et al. 1979
 порядок *Artemisietalia vulgaris* Lohm. in R.Tx. 1947
 союз *Arction lappae* R.Tx. em Gutte 1972
 порядок *Onopordetalia acanthii* Br.-Bl. et Tx. 1943 em Gors 1966
 союз *Dauco-Melilotion albi* Gors 1966 em Elias 1980
 класс *Agropyretea repentis* Oberd., Th. Muller et Gors in Oberd. et al. 1967.
 порядок *Agropyretalia repentis* Oberd., Th. Muller et Gors in Oberd. et al. 1967
 союз *Convolvulo-Agropyrrion* Gors 1966
 класс *Bidentetea tripartiti* Tx., Lohm. et Prsg. in Tx. 1950
 порядок *Bidentetalia tripartitae* Br.-Bl. et Tx. 1943
 союз *Bidention tripartiti* Notdhagen 1940
 класс *Plantaginetea majoris* R.Tx. et Prsg. 1950
 порядок *Plantaginetalia majoris* R.Tx. et Prsg. in R.Tx. 1950
 союз *Polygonion avicularis* Br.-Bl. 1931
 класс *Galio-Urticetea Passarge* 1967
 порядок *Glechometalia hederaceae* R.Tx. in R.Tx. et Brun-Hool 1975
 союз *Aegopodium podagraria* R.Tx. 1967
 порядок *Convolvuletalia sepium* R.Tx. 1950
 союз *Convolvulinum sepium* R.Tx. 1947 em. Muell. 1981
 класс *Sedo-Scleranthetea* Br.-Bl. 1955 em Mull. 1961
 порядок *Corynephoretalia canescens* Tx. 1937 em Krausch 1962
 союз *Corynephorion canescens* Klka 1931
 класс *Epilobietea angustifolii* R.Tx. et Prsg. In R.Tx. 1950
 порядок *Epilobietalia* (Vlieger 1937) R.Tx. 1950
 союз *Epilobion angustifolii* (Ruebel 1933) Soo 1933
 союз *Sambuco-Salicion* R.Tx. et Neam. 1950
 класс *Robinieta Jurko ex Hadac et Sofron* 1980
 порядок *Chelidonio-Robinieta Jurko ex Hadac et Sofron* 1980
 союз *Chelidonio-Robinion* Hadac et Sofron 1980.

Все выделенные ассоциации и “сообщества” можно разделить на две группы: эвритопные (т. е. встречающиеся в широком диапазоне экологических условий) и стенотопные (приуроченные к каким-либо определенным экотопам). К эвритопным, например, относятся ассоциации *Chenopodietum albi* Solm. in Mirk. et al. 1986, *Artemisio-Tanacetetum vulgaris* Br.-Bl. 1931 corr. 1949, *Plantagini-Polygonetum avicularis* (Gams 1927) Pass. 1964, *Agropyretum repentis* (Felf. 1942) Gors 1966 и другие. Индикационная ценность этих ассоциаций низка. К стенотопным “сообществам” относятся: *Arctietum lappae* Felfoldy 1942 (предпочитает суглинистые или супесчаные почвы, богатые соединениями азота, умеренно влажные), *Bidentetum tripartiti* W.Koch 1940, (почвогрунты в условиях повышенного увлажнения, богатые питательными веществами), *Lamio albi-Conietum maculati* Oberd. 1957 (супесчано-суглинистые влажные почвы, богатые питательными веществами), *Corynephoretum canescens* Tx. 1928 (сухие песчаные грунты). Эти сообщества имеют высокую индикационную ценность, поскольку приурочены к определенным экологическим условиям [3, 4].

На территории изучаемых городов наблюдается целый спектр инженерно-геологических процессов: ветровая эрозия (дефляция), водная эрозия и оврагообразование, затопление, подтопление, заболачивание, гравитационные процессы (оползни, оплывины, крипы), суффозия. Так, густота форм линейной эрозии на территории Мозыря и Гомеля может составлять 0,6...0,7 км/км², скорость крипа — 2...4 мм/год, интенсивность смыва почв в весенний период — 3...10 т/га [9].

Инженерно-геологические процессы, развивающиеся на урбанизированной территории, имеют различные негативные последствия: деградацию почвенного

покрова, повреждение дорожной сети, коммуникаций, затопление подземных сооружений и коммуникаций, строительных котлованов; коррозию металла и бетона подземных сооружений и конструкций; ухудшение санитарных условий в жилых помещениях и т. д. Все это обуславливает необходимость разработки методов, позволяющих эффективно диагностировать зоны развития процессов, в том числе методов, не требующих бурения, шурфования и других работ, часто не выполнимых в условиях городского ландшафта.

Развитие ряда инженерно-геологических процессов вызывает существенные изменения в условиях местообитаний растительности, что находит отражение в фитоценотической и экологической структуре растительного покрова. Эта взаимосвязь обуславливает возможность использования растительности как индикатора инженерно-геологических условий и процессов. Выяснение связи между растительными сообществами и факторами среды — достаточно сложная задача, решение которой должно базироваться на статистических методах. Разработан ряд методов, основанных на расчете коэффициентов сопряженности (качественной корреляции) [5].

В наших исследованиях на основе градиентного анализа устанавливалась связь между распространностью различных ассоциаций и классами условий геосреды, определяющих степень проявления того или иного инженерно-геологического процесса. Оценка связи и ее достоверности выполнялась с помощью коэффициентов качественной корреляции или сопряженности — трансформированного коэффициента Дайса (ТКД) и критерия Пирсона — хи-квадрат [3, 5]. Расчет этих показателей осуществлялся на основе обычной таблицы 2×2 по формулам:

$$\text{ТКД} = (a - (\text{минимальное из } \vartheta \text{ или } c)) / (a + (\text{минимальное из } \vartheta \text{ или } c));$$
$$\chi^2 = (a - (\text{минимальное из } \vartheta \text{ или } c)) / (a + (\text{минимальное из } \vartheta \text{ или } c)),$$

где a — число случаев совместных встреч сообщества и класса условий среды; ϑ — число случаев, когда сообщество встречается в других классах; c — число случаев, когда данных класс встречается без данного сообщества. ТКД отражает степень перекрытия экологической амплитуды данного сообщества и класса условий среды, т. е. позволяет оценить связь сообщества с определенными условиями.

Согласно выполненным нами исследованиям многие ассоциации синантропной растительности способны индицировать ряд современных геологических процессов. Рассмотрим эту способность растительных сообществ на примере наиболее широко распространенных процессов.

Широко распространенным на урбанизированной территории инженерно-геологическим процессом является подтопление (направленное повышение влажности грунтов или уровня грунтовых вод). Этот негативный процесс обусловлен изменением условий поверхностного стока при вертикальной планировке, засыпке естественных дрен, производстве земляных работ; утечками воды из подземных водонесущих коммуникаций и т. д. Для оценки связи синантропных сообществ (ассоциаций) с влажностью почвогрунтов (глубиной залегания грунтовых вод) все возможные на территории исследований условия были сведены к четырем классам: 1) глубина залегания уровня грунтовых вод менее 1 м; 2) глубина залегания уровня грунтовых вод 1...1,5 м; 3) глубина залегания уровня грунтовых вод 1,5...3 м; 4) глубина залегания грунтовых вод более 3 м.

На основе градиентного анализа установлена связь между синтаксонами (на уровне ассоциаций) и классами влажности почвогрунтов (табл. 1). Видно, что по мере роста влажности происходит закономерное изменение фитоценотической структуры. Так, индикаторами подтопления территории (высокой влажности почв) могут служить:

на пашнях, огородах и залежах — *Bidentietum tripartiti* W.Koch 1940; базальное сообщество (БС) *Stellaria media* [Polygono-Chenopodion];

на пустырях и пастбищах — *Bidentietum tripartiti* W.Koch 1940, *Polygono-Bidentetum* (Koch 1926) Loch. 1950, *Potentilletum anserinae* Rap. 1927 em Pass. 1964, *Phragmitetum communis* (Gams 1927) Schmale 1939;

в заброшенных садах — *Urtico-Aegopodietum podagrariae* (R.Tx. 1963) em. Dierschke 1974, *Urtico-Calystegieto sepium* Gors et Mull. 1969 и другие сообщества сою-

зов *Aegopodium podagraria* R.Tx. 1967 и *Convolvulion sepium* R.Tx. 1947 em. Mull. 1981.

Так, высокое диагностическое значение имеет ассоциация *Bidentietum tripartiti* W.Koch 1940 (класс *Bidentetea tripartiti* Tx., Lohm. et Prsg. in Tx. 1950, порядок *Bidentetalia tripartitae* Br.-Bl. et Tx. 1943, союз *Bidention tripartiti* Notdhagen 1940). Это сообщество формируется на почвах с высокой влажностью (при глубине залегания уровня грунтовых вод — до 1 м) и отмечается в местах, подверженных интенсивному вытаптыванию. Ассоциация *Bidentietum tripartiti* W.Koch 1940 характеризуется относительно устойчивым видовым составом. Диагностические виды ассоциации: *Bidens tripartitus* L. (V.4), *Polygonum persicaria* L. (V.1), *Ranunculus sceleratus* L. (V.1), *Alisma plantago-aquatica* L. (IV), *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. (II), *Juncus bufonius* L. (II), *Bidens radiata* Thuill. (II). В местах, где антропогенное воздействие отсутствует, формируется ассоциация *Phragmitetum communis* (Gams 1927) Schmale 1939. Диагностическим признаком ассоциации является доминирование *Phragmites communis* Trin. (постоянство 100 %, проективное покрытие — более 50 %). Другие виды имеют небольшое обилие (*Typha latifolia* L., *Typha angustifolia* L., *Lycopus europaeus* L., *Lythrum salicaria* L., *Alisma plantago-aquatica* L.). Появление этого сообщества также диагностирует почвы с высокой влажностью (при глубине залегания уровня грунтовых вод до 1 м). Для указанных сообществ была установлена достоверная связь с соответствующим классом градиента влажности почв (табл. 1).

Соответственно развитие процесса подтопления отражается в закономерной смене растительных сообществ. Например, на рудеральных пустырях северного промышленного узла города Гомеля при прогрессирующем подтоплении наблюдалась последовательная смена ассоциаций: *Artemisietum vulgaris* R.Tx. 1942 — *Arctietum lappae* Felfoldy 1942 — *Lamio albi-Conietum maculati* Oberd. 1957- *Urtico-Calystegieto sepium* Gors et Mull. 1969 — *Phragmitetum communis* (Gams 1927) Schmale 1939.

Таблица 1

Сопряженность синантропных сообществ с классами градиента влажности почвогрунтов

Сообщество	Глубина залегания уровня грунтовых вод			
	До 1 м	1...1,5 м	1,5...3 м	Более 3 м
<i>Bidentietum tripartite</i> W.Koch 1940	+0,60*	-0,60	-1,0	-1,0
<i>Polygono-Bidentetum</i> (Koch 1926) Loch. 1950	+1,0	-1,0	-1,0	-1,0
<i>Phragmitetum communis</i> (Gams 1927)				
Schmale 1939	+1,0	-1,0	-1,0	-1,0
<i>Potentilletum anserinae</i> Rap. 1927 em Pass. 1964	-0,78	+0,67	-0,89	-1,0
<i>Arctietum lappae</i> Felfoldy 1942	-1,0	-0,70	+0,60	-0,90
<i>Urtico-Calystegieto sepium</i> Gors et Mull. 1969	-0,60	+0,60	-1,0	-1,0
<i>Artemisietum vulgaris</i> R.Tx. 1942	-1,0	-0,80	+0,68	-0,80
<i>Artemisietum absinthii</i> Schubert et Mahn. 1959 ex Elias 1982	-1,0	-1,0	-1,0	+1,0
<i>Calamagrostietum epigeji</i> Juraszek 1928	-1,0	-1,0	-0,56	+0,56
<i>Melilotetum albi-officinalis</i> Siss. 1950	-1,0	-1,0	-1,0	+1,0
<i>Echio-Melilotetum albae</i> Tx. 1942	-1,0	-1,0	-1,0	+1,0
<i>Berteroetum incanae</i> Siss. et Tidemann in Siss. 1950	-1,0	-1,0	-0,96	+0,96

Примечание. * Трансформированный коэффициент Дайса (указана только достоверные значения, $\chi^2 > 3,84$).

Проведение осушительной мелиорации и высокая степень освоенности ландшафтов Белорусского Полесья послужили причиной интенсификации экзогенных геологических процессов, в том числе процессов и явлений, связанных с деятельностью ветра. Активизация эоловых процессов происходит на территориях с нарушенными песчаными почвами (строительные площадки, пустыри, карьеры по добывче строительных песков).

Одним из наиболее опасных процессов является ветровая эрозия (дефляция). Под воздействием дефляции в считанные годы может произойти разрушение верхнего, самого плодородного горизонта почвы. По устойчивости к дефляционным процессам почвы принято делить на несколько категорий: дефляционноустойчи-

вые; слабо дефляционноустойчивые; дефляционноустойчивые. К сильно и очень сильно дефляционноустойчивым почвам относятся автоморфные почвы на связных песках, переходящих в мощные рыхлые пески; автоморфные почвы с маломощным гумусовым горизонтом, развивающиеся на мощных древнеаллювиальных рыхлых песках; пойменные неразвитые почвы на рыхлопесчаном аллювии [9]. Наибольшая опасность развития ветровой эрозии возникает на участках с рыхлыми песчаными грунтами, где гумусовый горизонт отсутствует. Дефляционная опасность определяется сочетанием двух основных факторов: рыхлые пески и глубокое залегание уровня грунтовых вод. При наличии развитого растительного покрова дефляция, как правило, не возникает. Рост дефляционной опасности обусловлен антропогенными факторами. Повреждение или уничтожение растительности при строительстве, земледельческом освоении и других видах деятельности резко повышает риск проявления ветровой эрозии. Вследствие этого развитие дефляционных процессов наблюдается в основном на территории антропогенных ландшафтов. В наибольшей степени подвержены дефляции пахотные земли на осушенных песчаных террасах, карьерно-отвальные комплексы, массивы намывных песков.

В ходе исследования растительности сельскохозяйственных (пахотные земли, сенокосы и пастбища) и техногенных (пустыри, строительные площадки, карьеры, отвалы и т. д.) ландшафтов были выявлены сообщества, которые могут служить индикаторами дефляционной опасности. Фактор дефляционной опасности, определяемый механическим составом и влажностью почв и грунтов, был разделен на три класса: 1) автоморфные песчаные почвы с маломощным гумусовым горизонтом на рыхлых песках, обнаженные рыхлопесчаные грунты (высокая дефляционная опасность); 2) автоморфные почвы связнопесчаного, рыхлосупесчаного состава; полугидроморфные песчаные почвы (средняя дефляционная опасность); обнаженные связопесчаные и супесчаные грунты; 3) автоморфные и полугидроморфные супесчаные и суглинистые почвы, гидроморфные почвы; обнаженные суглинистые грунты (низкая дефляционная опасность).

На основе градиентного анализа установлена связь между синтаксонами (на уровне ассоциаций) и классами условий геосреды, определяющими степень дефляционной опасности. Достоверность данной связи оценивалась с помощью критерия хи-квадрат [5]. Выделены сообщества, диагностирующие участки с высокой дефляционной опасностью, — рыхлые песчаные грунты, автоморфные песчаные почвы (табл. 2).

Таблица 2
Сопряженность синантропных сообществ с классами градиента дефляционной опасности

Сообщество	Класс опасности		
	высокая	средняя	низкая
Echinochloo-Setarietum Krusem. et Vlieg. (1939) 1940	-1,0*	-0,24	+0,24
Galinsogo-Setarietum (R.Tx. et Beck. 1942) R.Tx. 1950	-1,0	-0,65	+0,65
Digitarietum ischaemi Tx. 1950	+0,40	-0,40	-1,0
Erigeronto-Lactucetum serriolae Lohm. 1950 ap. Oberd. 1957	-0,5	-0,2	-0,3
Xanthietum strumari Panca 1941	-0,71	-0,43	+0,14
Setario-Plantaginetum indicae Passarge 1988	+0,80	-0,80	-1,0
Bromo tectorum-Corispermum leptopteri Sissingh et Westhoff ex Sissingh 1950 corr. Dengler 2000	+1,0	-1,0	-1,0
БС Erigeron canadensis [Sisymbrietalia]	+0,56	-0,56	-1,0
ДС Apera spica-venti-Matricaria chamomilla [Sisymbrietalia]	+1,0	-1,0	-1,0
Artemisietum vulgaris R.Tx. 1942	-1,0	+0,38	-0,38
Arctietum lappae Felfoldy 1942	-1,0	-0,81	+1,0
Lamio albi-Coniuetum maculati Oberd. 1957	-1,0	-1,0	+1,0
Artemisio-Tanacetetum vulgaris Br.-Bl. 1931 corr. 1949	-0,46	+0,31	-0,85
Artemisietum absinthii Schubert et Mahn. 1959 ex Elias 1982	-0,17	+0,17	-1,0
Melilotetum albi-officinalis Siss. 1950	+0,73	-0,73	-1,0
БС Oenothera-Artemisia campestris [Dauco-Melilotion]	+0,67	-0,67	-1,0
Agropyretum repantis (Felf. 1942) Gors 1966	-0,73	+0,33	-0,6
Urtico-Aegopodietum podagraria (R.Tx. 1963) em. Dierschke 1974	-1,0	-0,67	+1,0
Calamagrostietum epigeji Juraszek 1928	-0,87	+0,47	-0,60
Corynephoretum canescens Tx. 1928	+1,0	-1,0	-1,0

Примечание. * Трансформированный коэффициент Дайса (достоверные значения подчеркнуты).

В сельскохозяйственных ландшафтах дефляционно-опасные участки диагностируют сообщества: *Digitarietum ischaemi* Tx. 1950, дериватное сообщество (ДС) *Apera spica-venti-Matricaria chamomilla* [Sisymbrietalia], БС *Oenothera-Artemisia campestris* [Dauco-Melilotion]. В техногенных ландшафтах дефляционно-опасные участки индицируют сообщества: *Melilotetum albi-officinalis* Siss. 1950; *Echio-Melilotetum albae* Tx. 1942; БС *Oenothera-Artemisia campestris* [Dauco-Melilotion], *Digitarietum ischaemi* Tx. 1950, *Setario-Plantaginetum indicae* Passarge 1988, *Bromo tectorum-Corispermum leptopteri* Sissingh et Westhoff ex Sissingh 1950 corr. Dengler 2000, *Corynephoretum canescens* Tx. 1928.

Сообщества, индицирующие дефляционно опасные участки, формируются ксерофитными и псаммофитными видами растений, адаптированными к сухому и бедному питательными веществами субстрату. Так, ассоциация *Digitarietum ischaemi* Tx. 1950 часто отмечается на обнаженных песчаных грунтах. Диагностические виды сообщества: *Digitaria ischaemum* (Schreb.) Muehl. (V.2), *Erigeron canadensis* L. (V.2), *Setaria viridis* (L.) P.B. (V.2), *Scleranthus annuus* L. (III), *Rumex acetosella* L. (III), *Viola arvensis* Murr. (II), *Spergula arvensis* L. (II). Характерным признаком сообщества является высокое участие в нем видов-олиготрофов, которые составляют более 30 % от общего числа видов. Ассоциация *Bromo tectorum-Corispermum leptopteri* развивается на рыхлых или слабоуплотненных песчаных грунтах (пионерная стадия сукцессии на песчаном субстрате). Наибольшее постоянство здесь имеют *Anisantha tectorum* (L.) Nevski, *Corispermum marschalii* Stev., *Plantago indica* L., *Lepidium ruderale* L., *Erigeron canadensis* L., *Oenothera biennis* L., *Medicago lupulina* L. Для экологической структуры сообщества также характерна высокая представленность олиготрофов (25,5 % от всех видов). Ассоциация *Corynephoretum canescens* Tx. 1928 развивается на более старых субстратах и представляет собой более позднюю стадию сукцессии. Для экологической структуры этого сообщества характерно преобладание олиготрофов (45 %), а также ксерофитных групп (свыше 50 %). Олиготрофами и ксерофитами являются доминанты сообщества — *Corynephorus canescens* (L.) P.B., *Helichrysum arenarium* (L.) Moench., *Sedum acre* L. и др.

Ряд сообществ диагностирует дефляционно устойчивый экотоп (имеют достоверную положительную сопряженность с третьим классом градиента дефляционной опасности): *Galinsogo-Setarietum* (R.Tx. et Beck. 1942) R.Tx. 1950, *Arctietum lappae* Felfoldy 1942, *Lamio albi-Conietum maculati* Oberd. 1957, *Urtico-Aegopodietum podagrariae* (R.Tx. 1963) em. Dierschke 1974. Эти сообщества, как правило, имеют в своем составе высокую долю мегатрофно-гигромезофитными видами. Типичными индикаторами дефляционно устойчивых почв и грунтов являются сообщества союза *Arction lappae* R.Tx. em. Gutte 1972, например, ассоциация *Arctietum lappae* Felfoldy 1942, приуроченная к местообитаниям с относительно влажными почвогрунтами тяжелого механического состава, обогащенными органическим веществом. Диагностическими видами ассоциации являются *Arctium lappa* L. (V.4), *Leonurus quinquelobatus* Gilib. (V.1), *Urtica dioica* L. (V.1), *Conium maculatum* L. (IV), *Artemisia vulgaris* L. (IV). В состав сообщества также входят *Bellota nigra* L. (IV), *Glechoma hederacea* L. (III), *Calystegia sepium* (L.) R. Br. (III), *Galium aparine* L. (III). Ассоциация характеризуется значительным участием видов-нитрофилов.

По аналогичной методике были выявлены сообщества, которые могут выступать в качестве индикаторов эродированности (смытости) почвенного покрова. Высокую степень эродированности почв (полностью смыт горизонт А и частично горизонт В) диагностируют: *Digitarietum ischaemi* Tx. 1950, ДС *Apera spica-venti-Matricaria chamomilla* [Sisymbrietalia], БС *Oenothera-Artemisia campestris* [Dauco-Melilotion]; БС *Erigeron canadensis* [Sisymbrietalia], а также сообщества союзов *Scleranthion* (на пашнях, огородах, залежах) и *Corynephorion* (на пустырях и пастбищах). На трехлетних залежах, расположенных на окраине г. Гомеля, наблюдалась следующая пространственная смена сообществ по мере роста смытости песчаных почв: *Artemisio-Tanacetetum vulgaris* Br.-Bl. 1931 corr. 1949 — *Artemisetum absinthii* Schubert et Mahn. 1959 ex Elias 1982 — БС *Oenothera-Artemisia campestris* [Dauco-Melilotion].

На залежах 1...2 года преимущественно с песчаными, сильноэродированными почвами (78 % описаний) широко распространено базальное сообщество *Erigeron canadensis* [Sisymbrietalia]. Для него характерно резкое доминирование *Erigeron*

canadensis L. (V.5). Виды союза *Sisymbrium officinalis* в нем представлены слабо, но присутствуют виды порядка *Sisymbrietalia* в целом (*Matricaria inodora* L., *Latuca serriola* L., *Sisymbrium Loeselii* L. и т. д.). Наибольшее постоянство имеют: *Artemisia vulgaris* L. (IV), *Setaria viridis* (L.) P.B. (IV), *Apera spica-venti* (L.) P.B. (III), *Matricaria inodora* L. (III), *Oenothera biennis* L. (III). Для сообщества характерно повышенное участие видов-олиготрофов (*Rumex acetosella* L., *Erophila verna* (L.) Bess., *Trifolium arvense* L. и т. д.).

Использование рудеральных сообществ возможно и при изучении процессов оврагообразования на урбанизированной территории. Активно развивающиеся овраги и промоины диагностируются сообществами класса *Stellaritea media* (*Chenopodietum albi* Solm. in Mirk. et al. 1986, *Erigeronto-Lactucetum serriolae* Lohm. 1950 ap. Oberd. 1957, *Xanthietum strumari* Panca 1941, *Lamio albi-Conietum maculati* Oberd. 1957). В оврагах, которые прекратили рост, отмечается доминирование сообществ классов *Galio-Urticetea*, *Agropyretea repentis*, *Epilobieteа angustifolii*, *Robinietaeа* (*Agropyretum repentis* (Felf. 1942) Gors 1966, *Urtico-Aegopodietum podagraria* (R.Tx. 1963) em. Dierscheke 1974, *Urtico-Calystegieto sepium* Gors et Muell. 1969, *Calamagrostietum epigeji* Juraszek 1928, *Epilobio-Salicetum capreae* Oberd. 1957, *Chelidonium majus-Acer negundo* [*Chelidonio-Robinion*] и др.).

Таким образом, синтаксоны эколого-флористической классификации Браун-Бланке (ассоциации и союзы) имеют существенное индикационное значения и могут широко использоваться для решения различных задач индикации геоэкологических условий в антропогенных ландшафтах, в том числе и при диагностике ряда инженерно-геологических процессов (подтопление, ветровая и водная эрозия). Индикационная роль рудеральных сообществ определяется также их широким распространением и способностью существовать при высоком уровне антропогенной нагрузки.

• Список литературы

1. Гусев А. П. Рудеральная растительность как экологический индикатор в условиях городского ландшафта Белорусского Полесья//География и природные ресурсы. 2004. № 4. — С. 155—156.
2. Гусев А. П. Фитоиндикация экологического состояния геологической среды в урбанизированном ландшафте//Сергейевские чтения. Вып. 5: Материалы годичной сессии. — М.: ГЕОС, 2003. — С. 150—152.
3. Гусев А. П. Рудеральная растительность как индикатор городской среды//Экология фундаментальная и прикладная: Проблемы урбанизации: Материалы междунар. науч.-практ. конф. — Екатеринбург: Изд-во Уральск. ун-та, 2005. — С. 107—109.
4. Гусев А. П. Синтаксономия рудеральной растительности и ее диагностическая роль в антропогенных ландшафтах Белорусского Полесья//Экологические проблемы Полесья и сопредельных территорий: Материалы 7-й Междунар. науч.-практ. конф. — Гомель: ГГУ, 2005. — С. 53—59.
5. Миркин Б. М. Закономерности формирования растительности речных пойм. — М.: Наука, 1974. — 172 с.
6. Миркин Б. М., Наумова Л. Г. Наука о растительности. — Уфа: Гилем, 1998. — 412 с.
7. Миркин Б. М., Сахапов М. Т. О некоторых вопросах изучения рудеральной растительности городов//Экология. 1990. № 5. — С. 18—28.
8. Миркин Б. М., Наумова Л. Г., Соломещ А. И. Современная наука о растительности. — М.: Логос, 2002. — 264 с.
9. Современная динамика рельефа Белоруссии. — Мин.: Наука и техника, 1991. — 102 с.
10. Braun-Blanquet J. *Pflanzensociologie*. — Wien, New York: Springer-Verlag, 1964. — 865 S.
11. Kopecky K., Hejny S. A new approach to the classification of antropogenic plant communities//Vegetatio, 1974. Vol. 29. — P. 17—20.
12. Matuszkiewicz W. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk ryślinnych Polski. — Warszawa: PWN, 1984. — 298 s.

Гомельский государственный университет

А. П. Гусев

ФІТАНДЫКАТАРЫ ІНЖЫНЕРНА-ГЕАЛАГІЧНЫХ ПРАЦЭСАЎ НА ТЭРЫТОРИІ ГОРАДА

У працы разглядаюцца вынікі вывучэння сіантропнай расліннасці як індыкатара інжынерна-геалагічных працэсаў. Для індыкацыйных мэт ужыватая экалога-фларыстычная

класіфікацыя Браун-Бланке. Сінтаксанамічныя адзінкі гэтай класіфікацыі добра адлюстроўваюць умовы месецапражывання і экалогію згуртавання, маюць высокую інфарматыўнасць. На падставе даследаванняў праведзеных на тэрыторыі ўрбанізаваных ландшафтаў Палесся (Гомель, Рэчыца і іншыя) была высветленая фітаценатычная структура рудэральнаі расліннасці асноўных тыпаў антрапагенных экатопаў.

Усталявана, што інжынерна-геалаґічныя працэсы адлюстроўваеца ў фітаценатычнай структуре расліннага покрыва гарадской тэрыторыі. Усталяваная сувязь паміж распаўсюджанасцю розных асацыяцый і класамі ўмоў геалаґічнага асяроддзя, якія вызначаюць ступень праявы таго ці іншага інжынерна-геалаґічнага працэсу.

Разгледжана сувязь фітаценатычнай структуры расліннасці з глыбінёй залягання грунтовых вод. Вылучаныя згуртаванні, якія з'яўляюцца індыкатарамі працэсаў падтаплення гарадской тэрыторыі: *Bidentietum tripartiti*, BC *Stellaria media* [Polygono-Chenopodion], *Potentilletum anserinae*, *Phragmitetum communis*, *Urtico-Aegopodietum podagraria*, *Urtico-Calystegieto sepium*.

Вылучаны раслінныя згуртаванні, якія дыягнастуюць ступень дэфляцыйнай небяспекі земляў. Дэфляцыйна небяспечныя ўчасткі паказваюць згуртаванні: *Melilotetum albi-officinalis*, *Echio-Melilotetum albae*, DC *Erigeron canadensis* [Chenopodieta], *Setario-Plantaginetum indicae*, *Bromo tectorum-Corispermum leptopteri*, BC *Oenothera-Artemisia campestris* [Dauco-Melilotion], *Corynephoretum canescens* Tx. 1928. Устойлівія глебы і грунты можна дыягнаставаць з дапамогай згуртаванняў: *Galinsogo-Setarietum*, *Arctietum lappae*, *Lamio albi-Conietum maculati*, *Urtico-Aegopodietum podagraria* і некаторых іншых.

Выяўленыя згуртаванні, якія могуць выступаць у якасці індыкатараў эрадыраванасці (змытасці) глебавага покрыва. Высокую ступень эрадыраванасці глеб дыягнастуюць згуртаванні: *Digitarietum ischaemi* Tx. 1950, DC *Apera spica-venti-Matricaria chamomilla* [Sisymbrietalia], BC *Oenothera-Artemisia campestris* [Dauco-Melilotion], BC *Erigeron canadensis* [Sisymbrietalia].

Яры і вымоіны, якія актыўна развіваюцца дыягнастуюцца згуртаваннямі класа *Chenopodieta albi* (*Chenopodietum albi*, *Erigeronto-Lactucetum serriolae*, *Xanthietum strumari* і іншыя). У ярах, якія спынілі рост, адзначаеца дамінаванне згуртаванняў класаў *Galio-Urticetea*, *Agropyretea repantis*, *Epilobieteа angustifolii*, *Robinietea* (*Agropyretum repantis*, *Urtico-Aegopodietum podagraria*, *Urtico-Calystegieto sepium*, *Calamagrostietum epigeji* і іншыя).

A. P. Gusev
PLANT INDICATORS OF ENGINEERING-
GEOLOGICAL PROCESSES ON A CITY TERRITORY

Results of studying of sinantrophic vegetation as indicator of engineering-geological processes are considered in the article. Ecological-floristic classification is applied to indicate the Braun-Blanquet approach. Syntaxons units of this classification well reflect conditions of a habitat and ecology of communities, have high information loading. On the basis of researches in the urbanized landscapes of Polotsye (Gomel, Retchitsa and others) the phytocoenotic structure of ruderal vegetation of the basic types of anthropogenic ecotops has been found out.

It has been established, that engineering-geological processes are reflected in phytocoenotic structure of vegetative cover of a city territory. Connection between prevalence of various associations and classes of conditions of the geological environment determining a degree of display of this or that engineering-geological process has been established.

A connection of phytocoenotic structure of vegetation with the depth of ground waters has been considered. The communities as indicators of processes of flooding of city territory are singled out: association *Bidentietum tripartiti*, community *Stellaria media* [Polygono-Chenopodion], association *Potentilletum anserinae*, association *Phragmitetum communis*, association *Urtico-Aegopodietum podagraria*, association *Urtico-Calystegieto sepium*.

The work presents analysis of eroded resistance soils as factor of ecological hazard. The method of estimation of deflationary hazard in anthropogenous landscapes is considered. The effective indicator of risk of a deflation is ruderal vegetation. The plant communities diagnosing sites, the subject deflation are revealed. Deflation dangerous sites display communities: association *Melilotetum albi-officinalis*, association *Echio-Melilotetum albae*, community *Erigeron canadensis* [Sisymbrietalia], association *Setario-Plantaginetum indicae*, association *Bromo tectorum-Corispermum leptopteri*, community *Oenothera biennis-Artemisia campestris* [Dauco-Melilotion], association *Corynephoretum canescens* Tx. 1928. Steady grounds and soils are diagnosed by communities: *Galinsogo-Setarietum*, *Arctietum lappae*, *Lamio albi-Conietum maculati*, *Urtico-Aegopodietum podagraria* and others.

Communities which can represent themselves as indicators of water erosion of a soil cover are revealed. High degree destruction soil is diagnosed by communities: association *Digitarietum ischaemi* Tx. 1950, community *Apera spica-venti-Matricaria chamomilla* [Sisymbrietalia], community *Oenothera-Artemisia campestris* [Dauco-Melilotion], community *Erigeron canadensis* [Sisymbrietalia].

Actively developing ravines and gullies are to be diagnosed by communities of class *Chenopodieta albi* (*Chenopodietum albi*, *Erigeronto-Lactucetum serriolae*, *Xanthietum strumari* and others). In ravines, which ceased growing, domination of communities of classes *Galio-Urticetea*, *Agropyretea repantis*, *Epilobieteа angustifolii*, *Robinietea* (*Agropyretum repantis*, *Urtico-Aegopodietum podagraria*, *Urtico-Calystegieto sepium*, *Calamagrostietum epigeji* and others) are marked.