

### ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АКТИВИЗАЦИИ КАРСТОВОГО ПРОЦЕССА В МЕЛО-МЕРГЕЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ СЕВЕРСКОДОНЕЦКОЙ РАВНИНЫ

**В. И. Мохонько**

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля  
просп. Советский, 59а, г. Северодонецк, 93400, Украина. E-mail: maxvika@rambler.ru

Рассмотрено влияние техногенных факторов на изменение гидродинамических условий развития карстового процесса в мело-мергельных отложениях Северскодонецкой равнины. Установлено, что продолжительная интенсивная эксплуатация карстовых вод является одним из основных факторов техногенной активизации карбонатного карстогенеза на исследуемой территории наряду с загрязнением карстовых вод сточными водами промышленных предприятий. Изменение режимов подземных вод, увеличение проницаемости мело-мергельных пород и скоростей фильтрации карстовых вод способствовало интенсификации поступления промышленных сточных вод в карстовый массив и увеличению объемов агрессивных вод. Учет гидродинамических аспектов развития карста в условиях интенсивного отбора карстовых вод и их загрязнения жидкими промышленными отходами способствует повышению адекватности оценки скорости карстогенеза на территориях с высоким уровнем промышленного освоения.

**Ключевые слова:** карстовый процесс, мело-мергельные отложения, активизация, водоносный горизонт, гидродинамические условия.

### ГІДРОДИНАМІЧНІ АСПЕКТИ АКТИВІЗАЦІЇ КАРСТОВОГО ПРОЦЕСУ В КРЕЙДО-МЕРГЕЛЬНИХ ВІДКЛАДЕННЯХ СІВЕРСЬКОДОНЕЦЬКОЇ РІВНИНИ

**В. І. Мохонько**

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля  
просп. Радянський, 59а, м. Северодонецьк, 93400, Україна. E-mail: maxvika@rambler.ru

Розглянуто вплив техногенних факторів на зміну гідродинамічних умов розвитку карстового процесу в крейдо-мергельних відкладеннях Сіверськодонецької рівнини. Встановлено, що тривала інтенсивна експлуатація карстових вод є одним з основних факторів техногенної активізації карбонатного карстогенезу на території, що досліджується, поряд із забрудненням карстових вод стічними водами промислових підприємств. Зміна режимів підземних вод, збільшення проникності крейдо-мергельних порід і швидкостей фільтрації карстових вод сприяло інтенсифікації надходження промислових стічних вод в карстовий масив і збільшенню обсягів агресивних вод. Врахування гідродинамічних аспектів розвитку карсту в умовах інтенсивного відбору карстових вод та їх забруднення рідкими промисловими відходами сприяє підвищенню адекватності оцінки швидкості карстогенезу на території із високим рівнем промислового освоєння.

**Ключові слова:** карстовий процес, крейдо-мергельні відкладення, активізація, водоносний горизонт, гідродинамічні умови.

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.** Проблема эксплуатации и охраны карстовых регионов не может быть решена без учета условий и факторов развития карстового процесса, среди которых значительную роль играют гидрогеологические факторы.

Карстовый процесс – это геологический процесс, который развивается под воздействием водообмена и выражается ростом проницаемости, гетерогенности и анизотропии емкостных, фильтрационных и механических свойств пород [1]. Особенностью карстовых коллекторов является то, что их емкостные и фильтрационные свойства не являются «врожденными» характеристиками, а развиваются в процессе растворяющего воздействия воды на вмещающую породу таким образом, чтобы максимально эффективно проводить сток в данной конфигурации контуров питания-разгрузки [2]. При этом проницаемость карстующихся пород может значительно возрастать в достаточно короткие промежутки времени, например, за период интенсивной эксплуатации карстовых водоносных горизонтов.

Быстрый рост проницаемости карстовых коллекторов может привести к увеличению поступления в них загрязненных промышленных сточных вод, значительному увеличению объемов агрессивных вод в карстовом массиве, и, как следствие, к активизации

карстового процесса и истощению и ухудшению качества карстовых вод, используемых для питьевого водоснабжения.

Изучение гидродинамических аспектов развития карста в условиях интенсивного отбора карстовых вод и их загрязнения сточными водами промышленных предприятий способствует повышению адекватности оценки скорости карстогенеза на территориях с высоким уровнем промышленного освоения.

**МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.** Целью исследований являлось изучение влияния эксплуатации трещинно-карстового водоносного горизонта на развитие карстового процесса в условиях загрязнения карстовых вод промышленными стоками.

Гидрогеологические аспекты карстогенеза а также влияние изменения гидродинамических условий под воздействием техногенных факторов на активизацию карстового процесса рассматривались во многих публикациях (Климчук, 2001, 2004, 206, 2010; Дублянский, Кикнадзе, 1984; Palmer, 1984, 1991, 2003, White, 1988, Злобина, 1986; Шестопалов, 1988 и др.).

Результаты моделирования карбонатного карстогенеза с учетом гидродинамических параметров, изложенные в работах [3, 4], позволили выявить ряд

закономерностей в формировании и эволюции зон повышенной закарстованности в карстовых массивах.

В масштабе водоносного пласта заложение зон повышенной закарстованности контролируется гидродинамическими характеристиками системы стока, что в терминах гидродинамики может быть выражено следующим образом:

$$q = -K(dh/ds), \quad (1)$$

где  $q$  – удельный расход;  $K$  – коэффициент фильтрации;  $h$  – гидравлический напор;  $s$  – общая пространственная координата;  $dh/ds$  – гидравлический градиент.

Поскольку положение трещин в пласте является функцией удельного расхода, исходными переменными, определяющими их расположение, являются проницаемость и гидравлический градиент. При этом структура проницаемости в карстовых коллекторах динамично реагирует на изменение граничных условий, вызванных внешними факторами [2].

В иницировании роста исходных трещин участвуют два механизма: продвижение фронта области быстрой кинетики по длине трещины и медленное, но равномерное расширение остальной части трещины. Важнейшими пороговыми эффектами, иницирующими рост трещин являются переключение кинетики растворения кальцита с быстрой на медленную, происходящее при достижении раствором примерно 70 %-ного насыщения, а также так называемый «кинетический прорыв» – достижение такой ширины трещины, при которой раствор проходит всю её длину, оставаясь в области «быстрой» кинетики. При обычных в природных условиях гидравлических градиентах кинетический прорыв примерно совпадает с переходом ламинарного режима в турбулентный [3, 4].

В условиях верхних гидродинамических зон платформенных артезианских бассейнов слои растворимых пород, залегающие между порово-трещинными коллекторами, характеризуются крайне незначительной начальной проницаемостью. С появлением трещиноватости карстогенез иницируется вертикальной фильтрацией через эти слои. Следовательно, вертикальная фильтрация является одним из важнейших факторов формирования ресурсов и химического состава подземных вод в этих условиях [2, 5, 6]. Наибольшая интенсивность вертикального водообмена через отдельные слои возникает в областях восходящей фильтрации (зонах пьезоминимумов – понижений в рельефе или структурно (стратиграфически) ослабленных зонах в верхней слабопроницаемой толще). Преобладающим видом питания в слое растворимых пород является рассеянное и равномерное питание от смежных некарстовых коллекторов, воды которых во многих гидрогеохимических обстановках агрессивны по отношению к карбонатным породам. При этом расходы через развивающиеся каналы в растворимой толще определяются в основном водообильностью питающего коллектора и проницаемостью смежного коллектора или верхнего слабопроницаемого слоя. Следовательно, в отличие от от-

крытых гидрогеологических систем условия карстогенеза в водонапорной системе приводят к равномерному росту всех трещин. При этом формируется пустотность примерно на порядок превышающая пустотность безнапорного формирования, что делает возможным при решении некоторых практических задач применение к закарстованным напорным водоносным горизонтам модели условно-сплошной среды [2].

Как отмечено в работе [2], представление о тесной гидравлической связи горизонтов в артезианских комплексах расширяют возможности интерпретации растворяющей способности подземных вод. Во многих ситуациях питание от смежных слабо-растворимых отложений обладает большим потенциалом растворения по отношению к карбонатным породам. При питании карбонатных пород от смежных формаций особое значение имеет смешивание вод различного состава и генезиса. Помимо «неравновесной коррозии смешения» (растворения из-за нарушения равновесий в данной химической системе, вызванной смешиванием вод), может происходить «химическая коррозия смешивания» (растворение путем инициации смешиванием двух разнородных по составу жидких фаз реакций, приводящих к образованию агрессивных продуктов). Следовательно, вертикальный водообмен между смежными горизонтами в водонапорной системе приводит к взаимодействию разнородных геохимических сред, что вызывает нарушение равновесий, усиление миграции реагентов и продуктов реакции и, таким образом, имеет огромное значение при поддержании гидрогеохимических процессов, приводящих к активизации карстообразования.

Характер влияния изменения гидродинамического режима водоносных горизонтов на исследуемой площади на активизацию карстового процесса изучался путем анализа данных, полученных в ходе мониторинга подземных вод, проводимого на территории Лисичанско-Рубежанского промышленного района в 1992–1997 гг. [7], а также в ходе локального мониторинга подземных вод в районе расположения накопителей жидких отходов производства кальцинированной соды ОАО «Лиссода». Накопители расположены в радиусе влияния пяти водозаборов, эксплуатирующих месторождение подземных вод трещинно-карстовой зоны верхнего мела. Наиболее интенсивная эксплуатация месторождения подземных вод наблюдалась в 90-х годах XX века, когда общий водоотбор составлял 100,2 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Незначительное количество наблюдательных скважин и отсутствие режимных наблюдений в связи с закрытием предприятия позволяют наметить лишь некоторые тенденции в изменении гидродинамических условий исследуемой территории.

Площадь развития карстового процесса в меломергельных отложениях верхнемелового комплекса занимает центральную и северо-восточную часть Северскодонецкой террасированной равнины, расположенной между южными отрогами Среднерусской возвышенности и северными отрогами главного Донецкого водораздела. Карст в меломергельных отложениях, выраженный в формиро-

вании в верхней части мело-мергельной толщи трещинно-карстовой зоны мощностью до 50–60 м, носит природно-исторический характер и является результатом совокупной деятельности ландшафтных, климатических, структурно-тектонических, литолого-петрографических, факторов, проявлявшихся с различной интенсивностью на разных этапах геологической истории Воронежской антеклизы. К трещинно-карстовой зоне верхнемелового комплекса приурочено месторождение подземных вод, характеризующееся высокой водообильностью и являющееся основным источником питьевого и промышленного водоснабжения региона. Эксплуатируемый водоносный горизонт гидравлически связан с водоносным комплексом верхнечетвертичных и современных аллювиальных и плиоцен-среднечетвертичных отложений повсеместного распространения, техногенным горизонтом спорадического распространения, приуроченного к промышленным площадкам предприятий в основном химической промышленности и накопителям отходов и с поверхностными водами [8]. Верхнемеловой водоносный горизонт характеризуется безнапорным или малонапорным режимом на водоразделах и напорным режимом в тальвегах балок и долинах. Величина напора изменяется от 5 до 40 м.

В вертикальном разрезе мело-мергельная толща делится на три характерные подзоны, которые отчетливо фиксируются по kernovому материалу, поглощению промывочной жидкости, подъёму уровня воды в скважине: подзону заиливания и кольматации мощностью от 0 до 10 м, подзону максимальной трещиноватости мощностью до 30–45 м, которая распространяется до глубины 35–50 м от поверхности и содержит основные запасы подземных вод; подзону затухающей трещиноватости, которая с глубины 60–70 м переходит в монолитную безводную толщу, являющуюся региональным водоупором.

Степень трещиноватости изменяется и в горизонтальном направлении. На водоразделах она развита слабо, коэффициенты водопроницаемости средней и нижней подзоны почти не отличаются, верхняя подзона отсутствует. По направлению к местным базисам эрозии увеличиваются мощность трещиноватой зоны и её водообильность.

Водообильность мело-мергельных пород зависит от степени их трещиноватости и мощности трещиноватой зоны, наличия покровных отложений, степени обводнённости, гидравлической связи с подземными водами других горизонтов и поверхностными водными объектами. Максимальная водообильность мело-мергельного горизонта достигала 150 л/с (водозабор «Лесная дача»). На водораздельных участках дебиты скважин составляют от 0,001 л/с до 2,7 л/с. Коэффициент водопроницаемости изменяется от 30–40 м<sup>2</sup>/сут. на площади плиоценовых террас до 2,5–4,0 тыс. м<sup>2</sup>/сут. в поймах рек. Коэффициенты фильтрации от водоразделов к пойме изменяются от 0,001–15 м/сут. до 30–110 м/сут. Активная пористость мело-мергельных отложений по данным опытно-миграционных работ составляет 0,037 [8].

Режим подземных вод верхнемелового водоносного горизонта относится к типу режимов сезонного

(преимущественно весеннего, в меньшей степени осеннего) питания. Питание подземных вод в естественных условиях происходит за счёт инфильтрации атмосферных осадков, подземных вод вышележащих горизонтов и паводковых вод. В настоящее время в питании мело-мергельного горизонта значительная роль принадлежит техногенным растворам.

По составу воды верхнемелового горизонта в нарушенных условиях гидрокарбонатные кальциевые, с минерализацией 0,2–0,5 г/дм<sup>3</sup> и общей жесткостью 2,5–5 мг-экв/л.

По условиям защищенности водоносный горизонт трещинно-карстовой зоны является условно защищенным от инфильтрации загрязненных стоков с поверхности на водораздельных пространствах и незащищенным в долинах рек, где зона аэрации мощностью 1–20 м представлена, в основном, песками. Зона заиливания также не выдержана по мощности и не служит препятствием для проникновения загрязняющих веществ с поверхности. Отсутствие естественной защищённости подземных вод, высокая многолетняя техногенная нагрузка привели к изменению гидрогеохимического состава подземных вод и способствовали образованию мощных очагов химического и теплового загрязнения, приуроченных к промышленным площадкам предприятий и накопителям промышленных отходов.

На основании анализа данных, полученных в ходе карстологической съемки, установлено, что на территории Северодонецко-Рубежанской промышленной агломерации наблюдается значительная активизация карстового процесса, о чем свидетельствует активное формирование карстово-суффозионных воронок в пределах депрессионных воронок водозаборов и промышленных площадок предприятий, рост жесткости и минерализации подземных вод мело-мергельного горизонта на водозаборах питьевых и технических вод, а также увеличение трещинно-карстовой зоны до глубины 80–90 м.

Экспериментальные исследования кинетики растворения мела, отобранного из мело-мергельной толщи, в условиях, моделирующих состояние подземных вод в зоне влияния накопителей производства кальцинированной соды ОАО «Лиссода», показали, что в результате поступления в карстовые горизонты неагрессивной по отношению к карстующимся породам дистиллерной суспензии, являющейся жидким отходом производства кальцинированной соды, из накопителей и смешивание ее с карстовыми водами приводит к значительному росту агрессивности загрязненных подземных вод и к увеличению более, чем на порядок скорости мело-мергельного карстогенеза. В частности, было установлено, что в пробах, представляющих собой смеси фильтрата дистиллерной суспензии из накопителей и природной воды, отобранной из мело-мергельного горизонта, в соотношении 3:1 и 1:3, удельная скорость растворения CaCO<sub>3</sub> на порядок выше (2,7·10<sup>-6</sup> и 2,3·10<sup>-6</sup> г/м<sup>2</sup>·с соответственно), чем в пробах, представляющих собой незагрязненную природную воду и фильтрат дистиллерной суспензии (3,3·10<sup>-7</sup> и 1,7·10<sup>-7</sup> г/м<sup>2</sup>·с соответственно [7]). Исследования кинетики растворения мела проводились

в статических условиях без учета влияния гидродинамических параметров.

Изучение материалов гидрогеологических исследований показало, что за период эксплуатации карстового водоносного горизонта произошли существенные изменения гидродинамического режима водоносных горизонтов на исследуемой площади. Результаты анализа распределения потоков в естественных и нарушенных условиях свидетельствуют о том, что интенсивный отбор карстовых вод водозаборными скважинами привел к изменению направления движения и уклона подземных вод, условий их питания и разгрузки на большей части площади распространения водоносных горизонтов. В естественных условиях разгрузка подземного потока происходила в р. Северский Донец. При интенсивном водоотборе разгрузка напорных вод верхнемелового водоносного горизонта стала происходить к сформировавшимся вокруг водозаборов депрессионным воронкам. Произошедшее в результате водоотбора частичное, а на отдельных участках полное осушение аллювиальных отложений в условиях работы водозаборов привело к тому, что на этих участках река Северский Донец превратилась из дрены в источник питания подземных вод. Поступление загрязнённых речных вод в подземные горизонты внесло существенные изменения в химический и температурный режим подземных вод на исследуемой площади.

На площади сформировавшихся в результате водоотбора депрессионных воронок произошло изменение вертикальной гидродинамической зональности: зона полного насыщения превратилась в зону сезонного колебания пьезометрических уровней. В скважинах, приуроченных к областям наибольшего снижения пьезометрических уровней на водозаборах – к центральным частям воронок депрессии установлен нарушенный режим, который характеризуется значительными амплитудами колебаний пьезометрических уровней и определяется режимом эксплуатации верхнемелового водоносного горизонта. Для скважин, расположенных вокруг накопителей ОАО «Лиссода», в которых амплитуды колебания пьезометрических уровней не превышают 1–4 м, характерным является квазистационарный режим. Изменения уровней для этого типа режима характеризуются сезонным восполнением при значительном влиянии водоотбора. Участки сезонного колебания пьезометрических уровней в верхнемеловом водоносном горизонте стали очагами интенсивного водообмена вод различного генезиса и состава, а также их смешения.

В результате водоотбора произошло увеличение водопроницаемости пород мело-мергельного горизонта с 1000–1500 м<sup>2</sup>/сут. до 3000–4500 м<sup>2</sup>/сут., а также значительно выросли скорости фильтрации.

Проведенный анализ позволяет утверждать, что при интенсивном и продолжительном водоотборе вод из трещинно-карстовой зоны верхнемелового водоносного горизонта условия питания, стока и разгрузки подземных вод на изучаемой территории полностью изменились, что привело к увеличению объемов техногенных растворов, поступающих в

трещинно-карстовую зону верхнего мела. С помощью корреляционного анализа было установлено, что между объемами подземных вод, загрязнённых отходами содового производства, и вод, отбираемых для водоснабжения, существует тесная функциональная зависимость ( $r = 0,983$ ).

Таким образом, в результате интенсивной эксплуатации месторождения карстовых вод, в условиях загрязнения подземных вод промышленными стоками на исследуемой площади создались условия для проявления как «неравновесной коррозии смешения», так и «химической коррозии смешивания», что способствовало значительной активизации мело-мергельного карстового процесса. Основными гидродинамическими факторами активизации мело-мергельного карстогенеза являются: увеличение скоростей фильтрации подземных вод; изменение направления движения подземных вод; увеличение зоны аэрации; непосредственное контактирование областей питания и разгрузки; образование зон неполного насыщения с сезонным колебанием уровней; образование областей нисходящей фильтрации.

**ВЫВОДЫ.** На основании анализа данных, полученных в ходе мониторинга подземных вод, установлено, что многолетняя интенсивная эксплуатация трещинно-карстовых вод является одним из основных факторов активизации карстового процесса в пределах исследуемого района наряду с загрязнением карстовых вод промышленными стоками.

Поступление промышленных стоков в карстовые горизонты и их смешивание с подземными водами приводит к изменению гидрохимических характеристик карстовых вод и способствует повышению их агрессивности по отношению к мело-мергельным породам, а изменение гидродинамических условий в результате интенсивного водоотбора приводит к интенсификации поступления промышленных стоков в трещинно-карстовую зону, увеличению объемов в ней агрессивных вод и созданию условий для поддержания гидрогеохимических процессов, приводящих к активизации карстообразования.

Техногенная активизация карстового процесса может привести к значительному экономическому ущербу, ухудшению экологических условий территории, истощению запасов подземных вод и ухудшению их качества.

Сохранение в течение длительного времени условий для техногенной активизации карстового процесса требует разработки методов оценки скорости техногенного карстогенеза с учетом гидродинамических факторов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Климчук А.Б. Эволюционная типология карста // Спелеология и карстология. – Симферополь, 2010. – № 4. – С. 23–32.
2. Speleogenesis under deep-seated and confined settings / A. Klimchouk, D. Ford, A. Palmer, W. Dreybrodt (Eds) // Speleogenesis: Evolution of karst aquifers. – Huntsville: Nat. Speleol. Soc., 2000. – PP. 244–260.
3. Palmer A.N. Origin and morphology of limestone caves // Geological Society of America Bulletin. – 1991.

– Vol. 103. – PP. 1–21.

4. White W.B. *Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains*. – New York: Oxford University Press, 1988. – 464 p.

5. Ковалевский В.С. О современной методологии гидрогеологических исследований в карстовых районах // *Гидрогеология и карстование. Методика изучения карста: межвузовский сборник научных трудов*. – Пермь, 1987. – С. 20–27.

6. Водобмен в гидрогеологических структурах Украины. Водобмен в естественных условиях / Ред. В.М. Шестопалов. – К.: Наукова думка, 1989. – 288 с.

7. Эколого-геологические проблемы техногенных карстовых процессов в северо-западном Донбассе / В.И. Мохонько, А.В. Чепижко // *Збірник наукових праць НГУ*. – Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2005. – № 23. – С. 196–203.

8. Мохонько В.И. Техногенная трансформация геологической среды в зоне влияния накопителей промышленных отходов (на примере ОАО «Лиссода») // *Антропогенная трансформация природной среды: матер. междунар. конф.* – Пермь: Перм. гос. ун-т, 2010. – Т. 1, част. 2. – С. 59–65.

#### HYDRODYNAMIC ASPECTS OF KARST PROCESSES ACTIVATION IN THE CHALK-MARLY DEPOSITS OF SEVERSKODONETSKAYA PLAINS

**V. Mokhonko**

East Ukraine Volodymyr Dahl National University

prosp. Sovetskiy, 59a, Severodonetsk, 93400, Ukraine. E-mail: maxvika@rambler.ru

The influence of anthropogenic factors on the hydrodynamic conditions change of karst process in the chalk-marly deposits of Siverskodonetskaya plains is examined. It is established that continued intensive exploitation of the karst water is a major factor in the carbonate karstogenesis technological activation beside karst water pollution by the industries wastewater on the investigating territory. Changing modes groundwater, increased permeability chalk-marly rocks and karst water filtration rate contributed to the intensification of industrial waste water flow in karst massif and increased volume aggressive water. The consideration of the hydrodynamic aspects of karst in conditions of karst waters heavy selection and their pollution by industrial waste liquid improves the adequacy of the karstogenesis's rate in areas with high levels of industrial development.

**Key words:** karst process, chalk-marly deposits, activation, aquifer, hydrodynamic conditions.

#### REFERENCES

1. Klimchuk, A.B. (2010), "Evolutionary typology of karst", *Speleology and karstology*, no. 4, pp. 23–32.

2. Klimchouk, A., Ford, D., Palmer, A., Dreybrodt, W. (Eds) (2000), "Speleogenesis Under Deep-seated and Confined Settings", *Speleogenesis: Evolution of Karst Aquifers*, Nat. Speleol. Soc., Huntsville, pp. 244–260.

3. Palmer, A.N. (1991), "Origin and Morphology of Limestone Caves", *Geological Society of America Bulletin*, vol. 103, pp. 1–21.

4. White, W.B. (1988), *Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains*, Oxford University Press, New York, USA.

5. Kovalevsky, V.S. (1987), "On the modern methodology of hydrogeological studies in karst areas", *Hydrogeology and karst. Method for studying karst: Interuniversity collection of scientific papers*, pp. 20–27.

6. *Vodобмен v hydroheologicheskikh strukturah Ukrainy. Vодобмен v yestestvennykh usloviyah* (1989), [The water exchange in the hydrogeological structures of Ukraine. Water exchange in vivo], ed. V.M. Shestopalov, Naukova Dumka, Kiev, USSR.

7. Mohonko, V., Chepizhko, O. *Ecology-geological Problems of Technical-genesis Karst Processes in Northwest Donbass*. - Dnepropetrovsk: RVK NGU, 2005. – № 23. – С. 196–203.

8. Mohonko, V. (2010), "Technological Transformation of Geological Environment within the Storage of Industrial Waste (by the Example of «Lissoda»", *Anthropogenic Transformation of Environment*, vol. 1, part. 2, pp. 59–65.

Стаття надійшла 25.03.2015.