

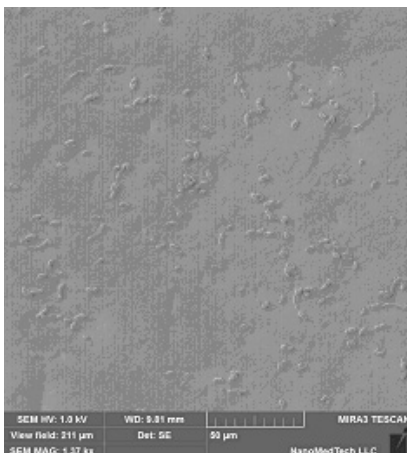
REFERENCES

1. Vinnik Yu.S., Perianova O.V., Onzul E.V., Tepliakova O.V. *Novosti khirurgii*. 2010; 8 (6) : 115-125 (in Russian).
2. Gabrielian N.I., Gorskaia E.M., Romanova N.I., Tsiurulnikova O.M. *Vestnik transplantologii i iskusstvennykh organov*. 2012; XIV (3) : 83-91 (in Russian).
3. Synetar E.O., Avdieieva L.V., Skoryk M.A., Brych O.I. *Dovkillia ta zdorovia*. 2014; 1 (68) : 28-32 (in Ukrainian).
4. Chekman I.S., Horchakova N.O., Okhotnikova O.M., Yakovlieva N.Yu. *Ukrainskyi medychnyi chasopys*. 2010; 6 (80) : 47-50 (in Ukrainian).
5. Machado M.C., Chend D., Targinio K. M., Webster T.J. *Pediatr. Res*. 2010; 67 (5) : 500-504.
6. Kosinov M.V., Kaplunenko V.H. *Akvakhelat nanometalu [Aquahelats of Nanometals]*. Patent UA N 29280; IPC (2006): S07F 19/00, C12N 1/20. Publ. 10.01.2008, Bul. 1/2008 (in Ukrainian).
7. Synetar E.O., Brych O.I., Loskutova M.M., Tkachyk I.P. *Mikrobiolohichnyi zhurnal*. 2014; 76 (3) : 41-46 (in Ukrainian).
8. *Vyznachennia chutlyvosti mikroorhanizmv do antybakterialnykh preparativ : metodychni vkazivky MV 9.9.5-143-2007. Ofitsiine vydannia [Determination of Antibiotic Sensitivity of Microorganisms. Guidelines 9.9.5-143-2007. Official Publication]*. Kyiv : MOZ Ukrainy; 2007 : 79 p. (in Ukrainian)
9. Borysovykh V.B., Kaplunenko V.H., Kosinov M.V., Borysovykh V.V., Borysovykh V.B. *Nanomodyfikovane zhyvylyne seredovyshche dlia kulturyvannia mikobakterii [Nanomodified Growth Medium for the Cultivation of Mycobacteria]*. In: *Nanomaterialy v biolohii. Osnovy nanoveterynarii [Nanomaterials in Biology. Fundamentals of Nanoveterinary]*. Kyiv: Avitsena; 2010 : 336-342 (in Ukrainian).

Надійшла до редакції 28.04.2014

Рисунок 6

**Угрупування клітин
C. albicans і E. faecalis
in vitro під дією селену
у концентрації 0,0025 мг/мл
на поверхні силіконового
катетера протягом 24 годин**



CHARACTERISTICS OF NATURAL NANOOBJECTS – KAOLIN

Korchak G.I.

ВЛАСТИВОСТІ ПРИРОДНОГО НАНООБ'ЄКТА – КАОЛІНУ

В

КОРЧАК Г.І.

ДУ "Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзеєва НАМН України", м. Київ

УДК 613:678.046.3

урхливий розвиток науки з вивчення властивостей наноматеріалів та нанотехнологій залучає у цей процес все більшу кількість різновидів сполук. Серед них відомий з давніх часів каолін (китайська глина), або біла глина (Volus alba) справедливо розглядається як природний наноб'єкт, і саме такий підхід дозволив надзвичайно поширити його застосування на новій науковій основі. З фізичної точки зору це передусім використання вискодисперсних фракцій глини, а також розробка методів для отримання якомога більшої кількості нанорозмірних частинок в її гранулометричному складі. Звідси походять перспективи використання каоліну у різних галузях нанотехнології з перевагою його як природної сполуки, хімічний склад якої та біоенергетична властивість споріднені з організмом людини. Крім того, глинисті мінерали мають високу адсорбційну та іонообмінну активність, що відповідає вимо-

СВОЙСТВА ПРИРОДНОГО НАНООБ'ЄКТА – КАОЛІНА

Корчак Г.І.

Каолин (белая глина, или китайская глина) рассматривается исследователями как природный нанобъект, и именно такой подход позволил расширить его использование на новой научной основе. С физической точки зрения это прежде всего использование вискодисперсных фракций глины, а также разработка методов для получения как можно большего количества наноразмерных частиц в ее гранулометрическом составе. При этом возможна очистка глин от таких минералов, как кварц и гидрослюда. Это позволит расширить возможности ее применения. Глинистые минералы обладают высокой адсорбционной и ионообменной активностью, что отвечает требованиям к энтеросорбентам. В современной медицине большое внимание уделяют энтеросорбции как естественному связыванию и выведению из организма экзо-, эндотоксинов и других соединений. Среди многих разновидностей глин только белые каолиновые глины безопасны по своей структуре и энергетике для слизистой желудочно-кишечного тракта, кожи и ранах на поверхности. Фармакологическим комитетом Украины и многих других стран белая глина разрешена для внутреннего применения. Кроме указанного, каолин является прекрасным поставщиком в организм кремния, магния, кальция, фосфора, железа, цинка, лития, меди, бериллия, кобальта и некоторых других микроэлементов, необходимых живому организму. Именно это выгодно отличает белую глину как энтеросорбент от многих других сорбентов, полученных искусственным путем. В наше время глину используют как составную наноконструктив с серебром, медью, кобальтом и др. Глины как прекрасные адсорбенты проявляют физическое и химическое взаимодействие с микроорганизмами. При этом глины разделяются на бактерицидные и небактерицидные (происходит адсорбция, но микроорганизмы сохраняют жизнеспособность). Бактерицидный механизм глин является химическим. Такие глины действуют губительно на широкий спектр микроорганизмов, в том числе и на антибиотикорезистентные штаммы. Перспективным является использование их при инфекциях, для которых нет эффективных антибиотиков.

© Корчак Г.І. СТАТТЯ, 2014.

CHARACTERISTICS OF NATURAL
NANOOBJECTS — KAOLIN (LITERATURE REVIEW)

Korchak G.I.

*SI "O.M. Marzeiev Institute for Hygiene and Medical
Ecology, NAMSU", Kyiv*

Kaolin (white clay or china clay) is considered by researchers as a natural nanoobject. Such approach has allowed to expand its use to a new scientific basis. From a physical point of view it is primarily the use of fine clay fractions, as well as the development of methods for obtaining of nanoscale particles in its particle size distribution. In this case, treatment of clays minerals such as quartz and hydromica is possible. This will increase the capacity of its application. Clay minerals have high adsorption and ion-exchange activity that meets the enterosorbent. In modern medicine, much attention is paid to enterosorption as a natural binding and excretion of exogenous, endotoxin and other compounds. Among the many varieties of clay only white kaolin clay safe for the mucosa of the gastrointesti-

nal tract, skin and wound surfaces on the structure and energy. Pharmacological Committee of Ukraine and many other countries allowed white clay for internal use. Kaolin is a perfect supplier of silicon, magnesium, calcium, phosphorus, iron, zinc, lithium, copper, beryllium, cobalt and some other microelements needed living organism. This is what distinguishes the white clay as enterosorbent from many other sorbents obtained artificially. Nowadays, the clay is used as part of nanocomposites with silver, copper, cobalt and others. Clay as excellent adsorbents show physical and chemical interaction with microorganisms. At the same time the clay is divided into bactericidal and non bactericidal (adsorption takes place, but the microorganisms can survive). Bactericidal mechanism of clay is the chemical. Such clays are fatal to the wide spectrum of microorganisms. Including antibiotic-resistant strains. It is promising to use them for infections for which there are no effective antibiotics.

гам до ентеросорбентів [1]. У сучасній медицині ентеросорбції приділяється велика увага як природному методу зв'язування та видалення з організму екзо-, ендотоксинів та інших сполук.

Серед багатьох різновидів глини лише білі каолінітові глини безпечні за своєю структурою та енергетикою для слизової шлунково-кишкового тракту та поверхонь ран. Завдяки своїй м'якій, щадній дії білі глини дозволені Державною фармакопеею України та інших країн для внутрішнього вживання. Сертифікація білої глини проводиться за радіаційним показником (питома активність Cs-137, Sr-90 (бк/кг), токсичними елементами (Zn, Cd, Pb, Cu, Mn), мікробіологічними показниками (загальне мікробне число — ЗМЧ, *S. aureus*, *P. aeruginosa*, БГКП, *Salmonella*), технічними показниками (білизна, вологість, наявність Fe, адсорбція).

Біла глина — це суміш різних мінералів. Належить до алюмосилікатів. Її основний компонент — каолініт (85,0-95,0%), в якому співвідношення SiO₂ та Al₂O₃ найменше (близько 2:1). Крім каолініту, глина, як правило, у своєму складі має монтморилоніт, кварц, слюду, а також може містити польовий шпат, іліт, ілменіт, гематит, боксит та інші мінерали у незначних кількостях. Крім кремнію та алюмінію, у хімічному складі білої глини містяться магній, залізо, кальцій, фосфор, цинк, літій, мідь, берилій, кобальт, молібден та деякі інші мікроелементи, необхідні живому організму.

Основна складова каоліну — каолініт, сформований із гірських порід під впливом атмо-

сферних факторів. Має білий, сіро-білий або злегка забарвлений колір. Складається з тонких, гнучких пластинок триклинного кристалу з діаметром 0,2-12 мкм. З урахуванням такої високої дисперсності глину відносять до природних наноматеріалів. Питома поверхня 1 г глини сягає залежно від гранулометричного складу 150 м² та більше. Кристали каоліну складаються з багатьох шарів декількох видів накладання та мають два типи зарядів: позитивний і негативний.

Глина володіє значним катіонним обміном, об'єм якого залежить від розміру часток, водночас швидкість обміну дуже висока, майже миттєва [1]. Крім того, високодисперсні фракції значно підвищують загальну площу часток. Каолін активно сорбує невеликі молекули, такі як лецитин, хінолін, паракват, дикват, а також протеїни, поліакрилонітрил, бактерії і віруси [2-8]. Адсорбовані речовини і мікроорганізми можуть бути легко видалені з більшості видів глини, оскільки адсорбція здійснюється поверхневими структурами часток глини.

Глина належить до універсальних лікувальних факторів, які застосовували з давніх-давен при різноманітних захворюваннях поверхневих покривів людини, опірно-рухового апарату, внутрішніх органів соматичного та інфекційного походження.

Глину застосовують у вигляді зовнішніх аплікацій, розводних ван та шляхом прийому всередину як ентеросорбента. Глина виконує не тільки роль детоксиканта, а й постачальника кремнію та багатьох мікроелементів [9].

У наш час білу глину розглядають також як складову наноконструктив завдяки малим розмірам та наявності пор між контактуючими частинками каолініту. Прикладом може бути композит з наночастинками срібла [10]. Адсорбція бактерицидних елементів (Ag, Cu, Co, Zn) на кристалічних поверхнях часток глини надає їй антимікробні властивості [11, 12].

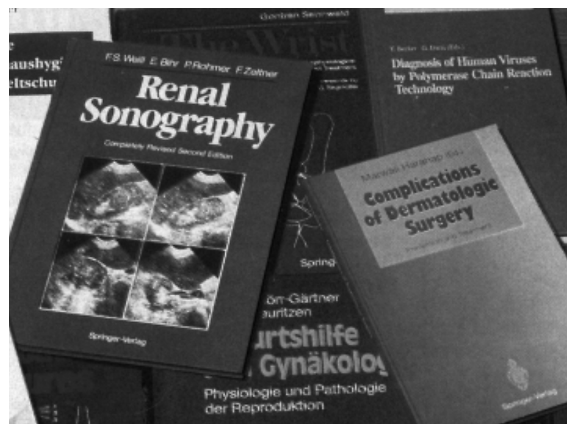
Для створення наноконструктив перспективним є використання препаратів високодисперсної глини, які отримують розробленими технологічними прийомами. Важливе також зменшення у них таких домішок, як кварц та гідрослюда, що сприяє поширенню показників для їх внутрішнього застосування. Так, препарат "Кремневіт" має переважний розмір часток у діапазоні 100-500 нм, а вміст кварцу (мас %) — 1,24, гідрослюди — 0,92 [13].

Специфічність взаємодії мікроорганізмів і часток адсорбенту залежить від багатьох факторів: величини заряду, просторової орієнтації і характеру структурних груп обох об'єктів. Оскільки кристали каолініту, як було вказано, мають два заряди (позитивний і негативний), то це забезпечує адсорбцію глиною багатьох різновидів бактерій. У літературі є відомості про адсорбцію вірусів. Так, спостерігалася задовільна адсорбція фагів T7 смектитовою глиною, переважно дрібнодисперсними фракціями [14]. Бактеріофаги MS2 і Phix 174 добре адсорбувалися кремнієм і бентонітом в умовах статички і динаміки за температури (4+1)°C і (25+1)°C. Автори зробили висновок, що глини перспективні для

видалення вірусів із водних розчинів [15]. Ширше використання глин для очистки води представлено у монографії Ю.І. Тарасевича [16].

Глини як прекрасні адсорбенти проявляють фізичну і хімічну взаємодію з мікроорганізмами. При цьому потрібно розмежувати глини, які є антибактеріальними і неантибактеріальними. Під час взаємодії часток глини з поверхнею мікробної клітини відбувається передусім фізичний процес адсорбції — це виявлення дії електростатичних сил. Цей процес зворотний, і мікроорганізм зберігає свою життєздатність. Але така взаємодія може призвести й до порушення життєво важливих функцій мікроба (утруднити пассивне й активне поглинання необхідних поживних речовин, пошкодити клітинну оболонку, послабити вихід метаболітів). У дослідженнях [16] мікроорганізми не гинули у разі простої фізичної взаємодії з глиною. Коли сухі глини накладали на колонії мікроорганізмів, вони залишалися життєздатними. Але деякі з досліджених глин ставали антибактеріальними, якщо були гідратовані: *E. coli* гинули від взаємодії розчинних складових глини, токсичних для бактерій. За даними літератури, лише деякі родовища містять бактерицидні глини [17]. Кожне родовище антибактеріальних глин відрізняється за мінералогічним складом, але в усіх є загальне — наявність розчинних мінералів і збагачення залізом. Середній діаметр кристала антибактеріальних глин <200 нм, що на порядок менше за стандартні еталонні зразки.

Автори [17] відзначають складність хімічних і біохімічних реакцій, які призводять до загибелі мікроорганізмів. Metали, які входять до складу глини і розчинені у глиняних суспензіях, мають різну біодоступність. Процес переносу елементів глини через клітинну мембрану супроводжується численними хімічними реакціями і формуванням високореактивних проміжних радикалів, які залежать від мінералогії і будови оболонки клітини. Один з механізмів бактерицидності полягає у тому, що бактерицидні глини постачають додатковий іон Fe^{2+} у бактеріальну клітину, де відбувається його окислення, і це супроводжується продукцією гідроксильних радикалів, які викликають деструктивні зміни у клітині.



ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Продуктування гідроксильних радикалів може бути посилене далі через біохімічне відновлення Fe^{3+} [18]. Kolanski та ін. [19] показали, що продуктування внутрішньоклітинних гідроксильних радикалів є основним механізмом загибелі клітин за дії синтетичних антибіотиків. Зроблено припущення, що глини діють подібним чином.

Williams L.B., Haydel S.E. et al. [20] також відзначають, що бактерицидний механізм глин не є фізичним, а хімічним (перенос електронів, хімічна реакція тощо). Хімічні зміни все ще перебувають у стадії вивчення. Зокрема, експерименти з катіонного обміну (одна з важливих властивостей глини) показали, що антибактеріальний ефект глини може бути зміненим, якщо використовувати взаємозамінні катіони. У результаті автори роблять висновок, що рН та окисно-відновні реакції, які відбуваються у суспензії глини і клітинній оболонці бактерій, є ключовими у механізмі антимікробної дії.

Більшість антибактеріальних глин спричиняє деструктивну дію на широкий спектр бактерій: *E. coli*, *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *S. typhimureum* та їхні антибіотикостійкі варіанти. Так, спостерігали загибель *E. coli* з широким спектром бета-лактамази, а також *S. aureus*, стійкого до метициліну [21-23]. Чутливість антибіотикорезистентних бактерій до антимікробних глин робить їх застосування у медицині досить перспективним, зокрема для лікування ран. Регенерація тканини за одночасної дії антибактеріальної глини залишається досі нез'ясованою [24]. Перспективним є використання таких глин для лікування інфекцій, до яких немає ефективних антибіотиків, наприклад виразки Бурулі [24, 25], а також при інфекціях, що викликані не тільки антибіотикорезистентними збудниками, а більш широко — у разі багатьох інфекційних процесів, особливо якщо врахувати відносно деше-

визну глини порівняно з антибіотиками, відсутність токсичності і одночасне збагачення організму кремнієм і багатьма мікроелементами.

Таким чином, вказане спонукає до більш глибокого вивчення багатограних властивостей глин та їх застосування не лише у народній медицині, але й в офіційній.

ЛІТЕРАТУРА

1. Грим Р.Э. Минералогия и практическое использование глин пер. с англ. / Под ред. В.И. Петрова. — М : Мир, 2007. — 511 с.
2. McLaren A.D. The adsorption and reactions of enzymes and proteins on clay minerals. IV. Kaolinite and montmorillonite / A.D. McLaren, G.H. Peterson, I. Barshad // Soil. Sci. Soc. Am. Proc. — 1958. — № 22. — P. 239-243.
3. Mortensen J.L. Adsorption of hydrolyzed polyacrylonitrile on kaolinite // Clays Clay Miner. — 1961. — № 9. — P. 530-545.
4. Adamis Z. Investigations of the effects of quartz, aluminium silicates and colliery dusts on peritoneal macrophages / Z. Adamis, M. Timar // The in vitro effects of mineral dusts / R.C. Brown, I.P. Gamely (eds.). — London : Academic Press, 1980. — P. 13-18.
5. The influence of temperature and time on the adsorption of paraquat, 2,4-D and prometone by clays, charcoal, and an anionexchange resin / J.B. Weber, A.D. McLaren, G.H. Peterson, I. Barshad // Soil. Sci. Soc. Am. Proc. — 1965. — № 29. — P. 678-688.
6. Steel R.F. The interaction between kaolinite and *Staphylococcus aureus* / R.F. Steel, W. Anderson // J. Pharm. Pharmacol. — 1972. — № 24 (Suppl.). — P. 1-129.
7. Lipson S.M. Adsorption of reovirus to clay minerals: Effect of cationexchange capacity, cation saturation, and surface area / S.M. Lipson, G. Stotzky // Appl. Environ. Microbiol. — 1983. — № 46. — P. 673 — 682.
8. Schiffenbauer M. Adsorption of coliphages T1 and T7 to clay minerals / M. Schiffenbauer, G. Stot-

zky // Appl. Environ. Microbiol. — 1982. — № 43. — P. 590-596.

9. Назаревич Р.А. Глина — первое лекарство земли / Р.А. Назаревич, А.И. Шалагин. — Ялта — Запорожье: Друкенбург, 2007. — 160 с.

10. Heterogeneous precipitation of silver nanoparticles on kaolinite plates / B. Cabal, R. Torrecillas, F. Malpartida, J.S. Moya // Nanotechnology. — 2010. — Vol. 47, № 21. — P. 475705.

11. Evaluating the oxidation state of antibacterial minerals / D.W. Metge, R.W. Harvey, D.D. Eberl et al. // Geochim. Cosmochim. Acta. — 2009. — № 73. — P. A875.

12. Clark C.J. Chemisorption of Cu^{2+} and Co^{2+} on allophane and imogolite / C.J. Clark, M.B. McBride // Clays Clay Miner. — 1984. — № 32. — P. 300-310.

13. Патент на корисну модель 88967 Україна. МПК А61К31/695 (2006.01). Препарат білої глини "Кремневіт" / Марченко А.Б., Сурмашева О.В., Корчак Г.І.; заявник і патентовласник ДУ "ІГМЕ НАМН України". — № U201311893; заявл. 10.04.2014; опубл. 10.04.2014, Бюл. № 7.

14. Microbial and copper adsorption by smectitic clay an experimental study / A. Hassen, F. Jamoussi, N. Saidi et al. // Environmental Technology. — 2003. — Vol. 24. — P. 1117-1127.

15. Syngouna V.I. Interaction between viruses and clays in static and dynamic batch systems / V.I. Syngouna, C.V. Chrysikopoulos // Environ. Sci. Technol. — 2010. — Vol. 44, № 12. — P. 4539-4544.

16. Тарасевич Ю.И. Природные сорбенты в процессах очистки воды / Ю.А. Тарасевич. — К.: Ибрис, 2001. — 301 с.

17. What makes a natural clay antibacterial? / L.B. Williams, B.W. Metge, D.D. Eberl et al. // Environ. Sci. Technol. — 2011. — № 45. — P. 3768-3773.

18. Park S. High levels of intracellular cysteine promote oxidative DNA damage by driving the Fenton reaction / S. Park,

J.A. Imlay // J. Bacteriol. — 2003. — № 185. — P. 1942-1950.

19. A common mechanism of cellular death induced by bactericidal antibiotics / M.A. Kohanski, D.J. Dwyer, B. Hayete et al. // Cell. — 2007. — № 130. — P. 797-810.

20. Chemical and mineralogical characteristics of French green clays used for healing / L.B. Williams, S.E. Haydel, R.F. Geise et al. // Clays Clay Miner. — 2008. — № 56. — P. 437-452.

21. pH-dependent metal ion toxicity influences on the antibacterial activity of two natural mineral mixtures / T.B. Cunningham, J.L. Koehl, J.S. Summers et al. // PLoS-ONE. — 2010. — № 5. — P. 9456.

22. Haydel S.E. Broad-spectrum in vitro antibacterial activities of clay minerals against antibiotic-susceptible and antibiotic-resistant bacterial pathogens / S.E. Haydel, C.M. Remenih, L.B. Williams // J. Antimicrob. Chemother. — 2008. — № 61. — P. 353-361.

23. Williams L.B. Evaluation of the medicinal use of clay minerals as antibacterial agents / L.B. Williams, S.E. Haydel // Intern. Geol. Rev. — 2010. — Vol. 52, № 7/8. — P. 745-770.

24. Killer clays! Natural antibacterial clay minerals / L.B. Williams, M. Holland, D.D. Eberl et al. // Mineral. Soc. Bull. — 2004. — № 139. — P. 3-8.

25. Haydel S.E. Broad-spectrum in vitro antibacterial activities of clay minerals against antibiotic-susceptible and antibiotic-resistant bacterial pathogens / S.E. Haydel, C.M. Remenih, L.B. Williams // J. Antimicrob. Chemother. — 2008. — № 61. — P. 353-361.

REFERENCES

1. Grim R.E. Mineralogia i prakticheskie ispolzovanie glin [Mineralogy and the Practical Use of Clays]. Moscow: Mir; 2007: 511 p. (in Russian)

2. McLaren A.D., Peterson G.H., Barshad I. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 1958; 22: 239-243.

3. Mortensen J.L. Clays Clay Miner. 1961; 9: 530-545.

4. Adamis Z., Timar M. Investigations of the effects of quartz, aluminium silicates and colliery dusts on peritoneal macrophages. In: R.C. Brown, I.P. Gamely (eds.) The in vitro effects of mineral dusts. London: Academic Press; 1980: 13-18.

5. Weber J.B., McLaren A.D., Peterson G.H., Barshad I. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 1965; 29: 678-688.

6. Steel R.F., Anderson W. J. Pharm. Pharmacol. 1972; 24 (Suppl.): 1-129.

7. Lipson S.M., Stotzky G. Appl. Environ. Microbiol. 1983; 46: 673-682.

8. Schiffenbauer M., Stotzky G. Appl. Environ. Microbiol. 1982; 43: 590-596.

9. Nazarevich R.A., Shalagin A.I. Glina — pervoe lekarstvo zemli [Clay as the First Medicine of the Earth]. Yalta — Zaporozhie: Друкенбург; 2007: 160 (in Russian).

10. Cabal B., Torrecillas R., Malpartida F., Moya J.S. Nanotechnology. 2010; 47(21): 475705.

11. Metge D.W., Harvey R.W., Eberl D.D., Wasylenki L.E., Williams L.B. Geochim. Cosmochim. Acta. 2009; 73: A875.

12. Clark C.J., McBride M.B. Clays Clay Miner. 1984; 32: 300-310.

13. Marchenko A.B., Surmasheva O.V., Korchak H.I.; DU "Instytut hihieny ta medychnoi ekolohii im. O.M. Marzieieva NAMN Ukrainy". Preparat biloi hlyny "Kremnevit" [The Product of White Clay "Kremnevit"]. Patent 88967 UA; IPC A61K31/695 (2006.01). N U201311893; Publ. 10.04.2014; Bul. № 7 (in Ukrainian).

14. Hassen A., Jamoussi F., Saidi N., Mabrouki Z, Fakhfakh E. Environmental Technology. 2003; 24: 1117-1127.

15. Syngouna V.I., Chrysikopoulos C.V. Environ. Sci. Technol. 2010; 44 (12): 4539-4544.

16. Tarasevich Yu.I. Prirodnye sorbenty v protsessakh ochistki vody [Natural Sorbents in Water Treatment Processes]. Kiev: Ibriss; 2001: 301 p. (in Russian).

17. Williams L.B., Metge B.W., Eberl D.D., Harvey R.W., Turner A.G., Prapaipong P., Poret-Peterson A.T. Environ. Sci. Technol. 2011; 45: 3768-3773.

18. Park S., Imlay J.A. J. Bacteriol. 2003; 185: 1942-1950.

19. Kohanski M.A., Dwyer D.J., Hayete B., Lawrence C.A., Collins J.J. Cell. 2007; 130: 797-810.

20. Williams L.B., Haydel S.E., Geise R.F., Eberl D.D. Clays Clay Miner. 2008; 56: 437-452.

21. Cunningham T.B., Koehl J.L., Summers J.S., Haydel S.E. PLoS-ONE. 2010; 5: 9456-9456.

22. Haydel S.E., Remenih C.M., Williams L.B. J. Antimicrob. Chemother. 2008; 61: 353-361.

23. Williams L.B., Haydel S.E. Intern. Geol. Rev. 2010; 52 (7/8): 745-770.

24. Williams L.B., Holland M., Eberl D.D., Brunet T., Brunet De Courrsou L. Mineral. Soc. Bull. 2004; 139: 3-8.

25. Haydel S.E., C.M. Remenih C.M., Williams L.B. J. Antimicrob. Chemother. 2008; 61: 353-361.

Надійшла до редакції 18.12.2013