

УДК 504.43

Е. Н. СЕРИКОВА, Е. А. СТРЕЛЬНИКОВА

## ИЗМЕНЕНИЕ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД В ГОРОДСКОЙ ЭКОСИСТЕМЕ Г. ХАРЬКОВА

В больших городах Украины, территории которых в значительной части подтоплена, практически нет систематических наблюдений за этим процессом, мониторинговая сеть скважин или не действует или разрушена. Целью данной работы является анализ изменения глубины залегания уровня грунтовых вод за последние 10 лет, сбор и анализ немногочисленных объективных данных об уровнях грунтовых вод в г. Харькове за период с 2004 по 2014 годы для объективного прогноза развития процесса подтопления в городе.

**Ключевые слова:** подтопление, уровень грунтовых вод, дополнительное питание грунтовых вод.

У великих містах України, території яких в значній частині підтоплені, практично немає систематичних спостережень за цим процесом, моніторингова мережа свердловин або не діє, або зруйнована. Метою даної роботи є аналіз зміни глибини залягання рівня грунтових вод за останні 10 років, збір та аналіз нечисленних об'єктивних даних про рівні грунтових вод в м. Харкові за період з 2004 по 2014 роки для об'єктивного прогнозу розвитку процесу підтоплення в місті.

**Ключові слова:** підтоплення, рівень грунтових вод, додаткове живлення грунтових вод.

In Ukraine generally and in Kharkov especially there are no permanent monitoring system for monitoring the groundwater regime, there are no uniform criteria for assessing the flooded lands and quantifying assessment the additional groundwater replenishment. Currently, most of the network of observation wells in Kharkov, founded in the 80s to control the groundwater levels has failed. The water supplying to Kharkov from underground sources has practically stopped and observing the groundwater levels is not performed. In these circumstances, the objective data of groundwater levels changes are extremely impoverished. Most of the existing – is fragmentary data on local construction sites with short observations series

The aim of this paper is to analyze the changes groundwater level depth during the last 10 years, the collection and analysis of the few objective data on the levels of groundwater in Kharkov in the period from 2004 to 2014 for the objective forecast of flooding process in the city.

**Keywords:** flooding, groundwater level, additional groundwater replenishment.

**Введение.** Грунтовые воды обладают известной восприимчивостью к любым антропогенным воздействиям, а изменения в их режиме и качественном состоянии приводят к изменениям различных компонентов природной среды. Одним из часто наблюдаемых воздействий является увеличение питания грунтовых вод, характерное для застроенных территорий, приводящее к подтоплению со всеми последующими негативными последствиями – от деградации коммуникаций, фундаментов до ухудшения санитарных условий проживания населения [1, 2].

**Анализ литературных данных и постановка проблемы.** Изучением динамики изменения уровней грунтовых вод и развитием процесса подтопления городских территорий занималось много ученых, в том числе Стрижельчик С. С., Шестопапов В. М., Чебанов А. Ю., Яковлев Е. А. и др., но вопросы комплексной оценки техногенного воздействия городской среды на изменение уровня грунтовых вод (УГВ) и прогнозирование его изменения на основе натурных исследований и построения математических моделей в специальной литературе не были достаточно проработаны [3–5].

В Украине в целом и в Харькове в частности отсутствует постоянная мониторинговая система контроля за режимом грунтовых вод. Поэтому прогнозирование развития процесса подтопления в связи с изменениями водохозяйственной деятельности на данных территориях значительно усложняется [6, 7].

**Цель исследования.** Целью данной работы является сбор и анализ немногочисленных объективных данных об УГВ в г. Харькове за период с 2004 по 2014 годы как базы для объективного прогноза развития процесса подтопления в городе.

В настоящее время большая часть сети наблюдательных скважин в г. Харькове, созданная в 80-е годы для контроля УГВ вышла из строя. Водоснабжение города Харькова из подземных источников практически прекратилось и наблюдения за уровнями подземных вод не производится. В этих условиях объективные данные об изменении уровней грунтовых вод

крайне оскудели. Большая часть из имеющихся – это отрывочные данные на локальных объектах строительства с короткими рядами наблюдений [3, 8].

**Материалы и методы исследований.** Автор Серикова Е.Н. выполняла самостоятельные измерения УГВ, а также принимала участие в качестве рабочего наблюдателя Геологической партии в работе с 3-мя режимными водопунтами г. Харькова. Измерения УГВ в специально оборудованных и приспособленных для этого скважинах проводились с помощью уровнемера ГРУ-100 с периодичностью 1 раз в месяц на протяжении 2004–2014 гг.

Статистическая обработка данных выполнена общепринятыми методами, с определением максимальных, минимальных и средних значений уровней, стандартных отклонений, коэффициентов вариаций по каждому ряду наблюдений [9].

Теоретический анализ полученных данных способствовал пониманию общей ситуации с развитием подтопления городской территории, выявлению локальных факторов воздействия на изменение УГВ. Расположение постов наблюдений УГВ показаны на рис. 1.

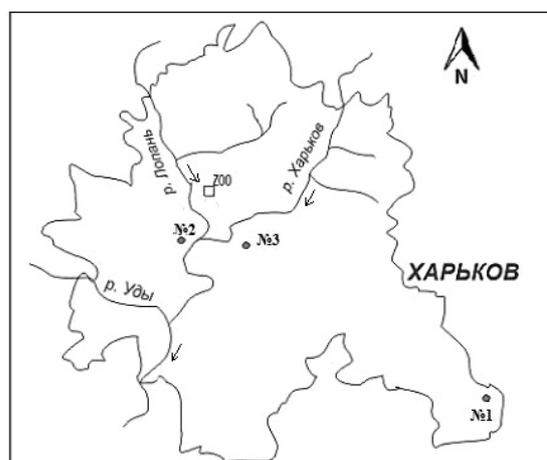


Рис. 1 – Расположение постов наблюдений УГВ

© Е. Н. Серикова, Е. А. Стрельникова. 2016

Точки №1–3 – три режимных водопункта г. Харькова, в которых проводились измерения УГВ.

**Результаты измерения УГВ в 3-х режимных водопунктах г. Харькова. Точка №1** – скважины, оборудованные на первый от поверхности плиоцен-межигорский водоносный горизонт на водозаборе ООО "Пивзавод "Рогань". Координаты: 49,9077 СШ; 36,4286 ВД. Абсолютная отметка устья скважины – 170м.

Данные по изменению УГВ в скв №1-6 и количеству осадков [10] за 2004г. приведены на рис. 2.

В скважинах №1-6 Пивзавода «Рогань» в период прекращения водозабора с апреля по октябрь наблю-

дается резкий подъем УГВ.

**Точка №2** – скважина, оборудованная на аллювиальный четвертичный водоносный горизонт по ул. Краснооктябрьская Координаты: 49,9325 СШ; 36,3741 ВД. Абсолютная отметка устья скважины 171м.

Измерения глубины залегания уровня грунтовых вод в данной скважине производились ежемесячно в период с 2004 г. по 2014 г. Результаты представлены на рис. 3. Ниже, на рис 4 приведено сопоставление средних значений УГВ и количества выпавших осадков за каждый год в период с 2004 г. по 2014 г.

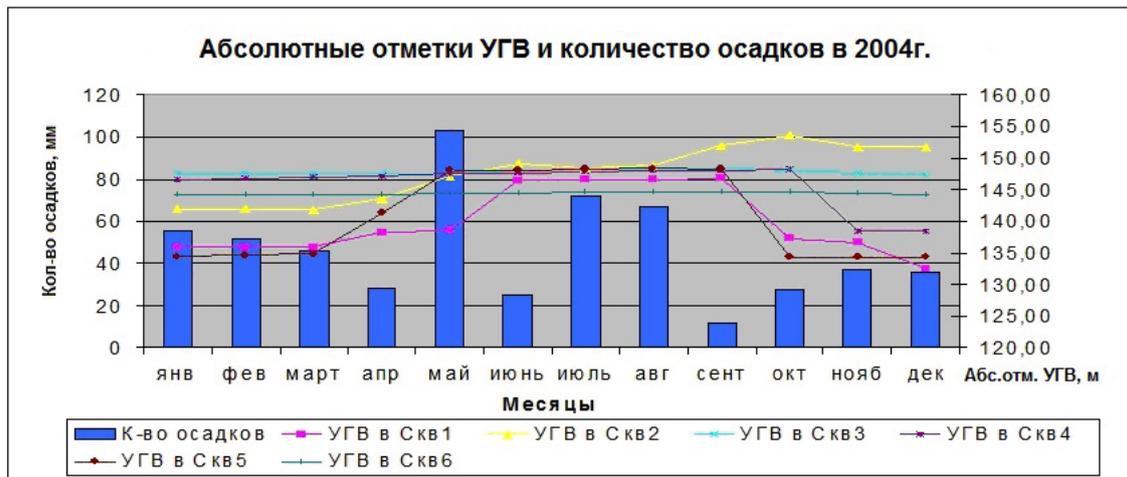


Рис. 2. Изменение УГВ в скважинах №1-6 в 2004г. УГВ показан в абсолютных от метках

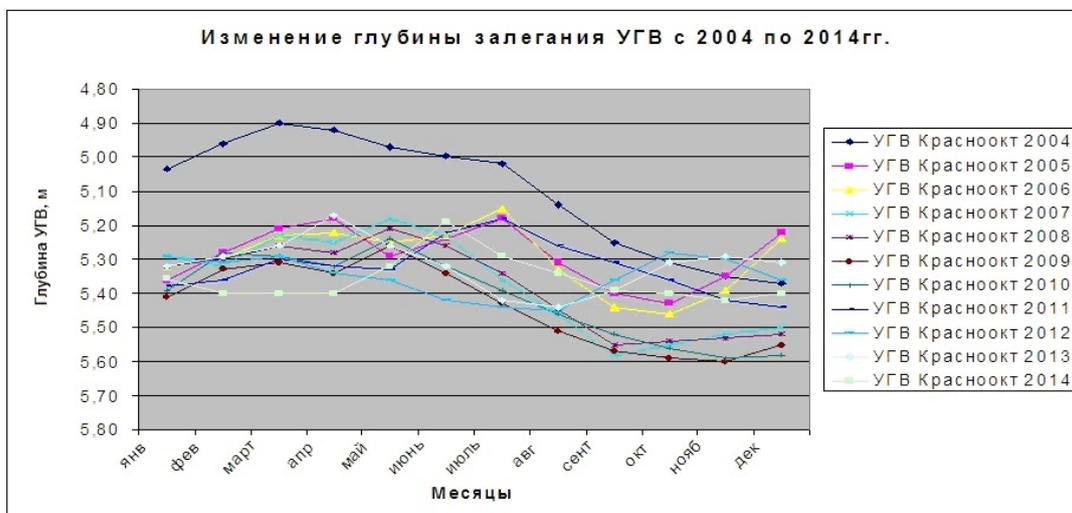


Рис. 3 – Изменения глубины залегания УГВ в скважине по ул.Краснооктябрьской.



Рис. 4 – Средние значения уровней грунтовых вод в скважине по улице Краснооктябрьская и среднемесячные по году количества выпавших осадков [10] за каждый год в период с 2004 г. по 2014 г.

Как видно из графика, среднее значение УГВ положительно коррелировало с изменением атмосферных осадков за исключением периода с 2006 по 2011 годы.

**Точка № 3** – скважина, оборудованная на аллювиальный четвертичный водоносный горизонт, г. Харьков, ул. А. Невского. Координаты: 49,9736 СШ; 36,2466 ВД. Абсолютная отметка устья скважины 108м.

Измерения глубины залегания уровня грунтовых вод в данной скважине проходили ежемесячно в период с 2004г. по 2014г. Результаты приведены на рис. 5.

На рис 6 приведено сопоставление средних значений УГВ и количества выпавших осадков за каждый год в период с 2004 г. по 2014 г.

На протяжении всего периода исследований УГВ положительно коррелировал с изменением атмосферных осадков. Исключением стал период с сентября по декабрь 2014 г. При незначительном количестве осадков за этот период, УГВ повысился на 16 см. Результаты измерений приведены на рис. 7.

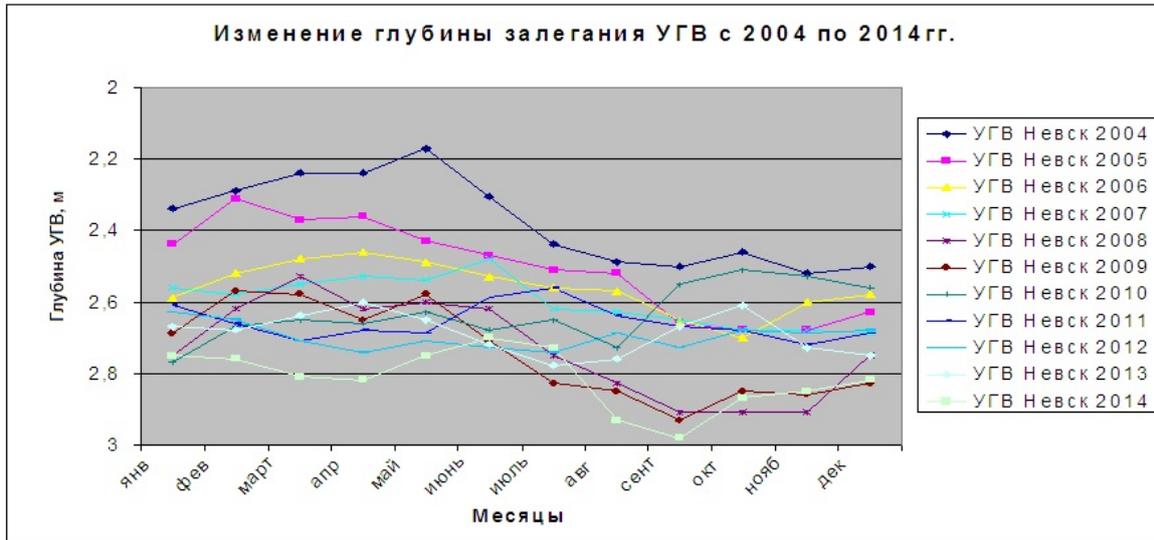


Рис. 5 – Измерения глубины залегания УГВ в скважине по ул. А.Невского.



Рис. 6 – Средние значения и количества выпавших осадков в скважине по улице Невского [10] за каждый год в период с 2004г. по 2014г.



Рис. 7 – Результаты измерений глубины залегания УГВ в 2014г. в скважине по ул. Невского

Колебания глубины залегания УГВ обусловлены режимом атмосферных осадков и изменением уровня воды в водоемах [11]. Максимальная глубина залегания в точке №1 в скважинах 1–6 наблюдается в пери-

од с августа по октябрь 2004г. Минимальная глубина залегания наблюдается с октября по декабрь 2004г. Пик подъема грунтовых вод (подъем УГВ от 30 см до 14 м) пришелся на период прекращения водоотбора из

эксплуатационных скважин. Засушливый период с августа по октябрь обусловил максимальные глубины УГВ в это время.

**Обсуждение результатов измерений УГВ в 3-х режимных водопунктах г. Харькова.** При сравнении тенденций изменения количества осадков и УГВ в точках №2 и №3 за 2004-2014гг., было выявлено:

1. В скважине по ул. Краснооктябрьская в период 2004-2009гг. прослеживается снижение УГВ на 35 см, а в период 2009-2014гг. повышение – на 10 см. При этом среднегодовое количество осадков оставалось стабильным. Это может указывать на влияние техногенных факторов. В тоже время внутригодовые (сезонные) амплитуды колебания уровней были значительно большими. Их характер – с минимальными

глубинами уровней с марта по май однозначно указывает на природный фактор – повышенное питание грунтовых вод в период снеготаяния. Такой же характер режима грунтовых вод наблюдался и в скважине по ул. Невского, с той разницей, что в период 2009-2014 годов уровни не существенно повышались.

2. Повышение уровня грунтовых вод на 20 см на фоне снижения количества осадков на участке по ул. Невского может иметь техногенную природу – например, может быть вызвано с потерями воды из подземных коммуникаций.

Статистическая обработка данных измерений изменения глубины УГВ выполнена методом вариационной статистики, результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Стандартное отклонение и коэффициент вариации по каждому ряду наблюдений за УГВ

Название точки, год	Среднее значение	Станд. Откл.	Коеф. вар, %
УГВ Красноокт 2004	5,10	0,174	3
УГВ Красноокт 2005	5,29	0,085	2
УГВ Красноокт 2006	5,30	0,095	2
УГВ Красноокт 2007	5,37	0,142	3
УГВ Красноокт 2008	5,38	0,128	2
УГВ Красноокт 2009	5,44	0,122	2
УГВ Красноокт 2010	5,41	0,126	2
УГВ Красноокт 2011	5,32	0,077	1
УГВ Красноокт 2012	5,35	0,06	1
УГВ Красноокт 2013	5,32	0,074	1
УГВ Красноокт 2014	5,36	0,066	1
УГВ Невск 2004	2,37	0,124	5
УГВ Невск 2005	2,51	0,131	5
УГВ Невск 2006	2,56	0,070	3
УГВ Невск 2007	2,60	0,069	3
УГВ Невск 2008	2,73	0,135	5
УГВ Невск 2009	2,74	0,129	5
УГВ Невск 2010	2,63	0,080	3
УГВ Невск 2011	2,66	0,049	2
УГВ Невск 2012	2,70	0,035	1
УГВ Невск 2013	2,69	0,059	2
УГВ Невск 2014	2,81	0,083	3
УГВ Рогань Скв1 2004	139,79	5,268	4
УГВ Рогань Скв2 2004	147,65	4,366	3
УГВ Рогань Скв3 2004	147,82	0,327	0,2
УГВ Рогань Скв4 2004	145,94	3,573	2
УГВ Рогань Скв5 2004	140,75	6,839	5
УГВ Рогань Скв6 2004	144,45	0,139	0,1

Изучаемые совокупности можно считать однородными, так как коэффициент вариации не превышает 5 % [9].

**Выводы.** На протяжении всего периода исследований (2004–2014гг.) уровень грунтовых вод в 3-х водопунктах г. Харькова положительно коррелировал с изменением атмосферных осадков.

При этом, влияние осадков на уровень грунтовых вод наиболее отчетливо проявляется с января по сентябрь. В эти периоды маскируется техногенное влияние на изменение уровня грунтовых вод.

Однако, техногенное влияние все же проявляется в многолетнем изменении уровней грунтовых вод при практически стабильной картине годовых сумм атмосферных осадков, а также в незакономерном подъеме

уровня в периоды уменьшения интенсивности выпадения осадков.

Отбор воды из неглубоких водоносных горизонтов существенно влияет на положение зеркала грунтовых вод, по крайней мере, в ближайшем окружении этих водозаборов.

В целом, анализ имеющихся немногочисленных данных показывает, что в последнее десятилетие в г. Харькове систематического подъема уровня грунтовых вод не происходит. При наличии значительного дополнительного питания, установленного для города другими исследователями, такое состояние подземной гидросферы можно пояснить достижением равновесия между этим дополнительным питанием с одной стороны и увеличением эвапотранспирации - с другой стороны.

## Список литературы:

1. Свіренко, Л. П. Підземні води урбанізованих територій та пов'язані з ними проблеми [Текст] / Л. П. Свіренко, О. І. Спірін, В. В. Яковлев // Архітектура і технічні науки. – 2002. – № 36. – С. 186–190.
2. Яковлев, В. В. К вопросу качества воды родников, формирующихся в городской экосистеме г. Харькова [Текст] / В. В. Яковлев, А. В. Чистикова, Ю. Ю. Выставная, С. А. Мацюк, Е. А. Горикова // Научный вестник строительства ХДУБА. – 2015. – № 2 (80). – С. 190–199.
3. Стригельчик, Г. Г. Подтопление в населенных пунктах Харьковской области [Текст] / Г. Г. Стригельчик, Ю. П. Соколов, И. А. Гольдфельд, А. Ю. Чебанов, Н. С. Николенко. – Харьков, 2003. – 160 с.
4. Чебанов, А. Ю. Поиск эффективных решений проблемы подтопления городов [Текст] / А. Ю. Чебанов // Коммунальное хозяйство городов. – 2002. – № 47. – С. 133–138.
5. Шестопалов, В. М. Водообмен в гидрогеологических структурах Украины. Методы изучения водообмена [Текст] / В. М. Шестопалов, Е. А. Яковлев, А. Б. Ситников, В. И. Лялько и др. – Киев: Наукова думка, 1988. – 272 с.
6. Серикова, Е. Н. Математическое моделирование повышения уровня грунтовых вод под воздействием дополнительной инфильтрации [Текст] / Е. Н. Серикова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 6/4 (60). – С. 26–33. – Режим доступа: \www/URL: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/5679/5109>
7. Стрельникова, Е. А. Изучение особенностей изменения уровня грунтовых вод с помощью математического моделирования [Текст] / Е. А. Стрельникова, Е. Н. Серикова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – 3(4(63)). – С. 31–35. – Режим доступа: \www/URL: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/14760/12561>
8. Serikova, E. The Programme of Measures to Prevent Flooding on the Built-up Areas on Example of Kharkiv City [Text] / E. Serikova, E. Strelnikova, V. Yakovlev // International Journal of Development Research. – 2015. – Vol. 5, № 12. – P. 6236–6240.
9. Чернова, Н. И. Математическая статистика [Текст]: учеб. пос. / Н. И. Чернова. – Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2007. – 148 с.
10. Climate Kharkiv. Climate data: 1936 – 2016 [Electronic resource] / TuTiempo. – Available at: \www/URL: <http://en.tutiempo.net/climate/ws-343000.html>
11. Двинских, С. А. Экология лесопарковой зоны города [Текст] / С. А. Двинских, Н. Г. Максимович, К. И. Малеев, О. В. Ларченко. – Санкт-Петербург: Наука, 2011. – 154 с.

## Bibliography (transliterated):

1. Svirenko, L., Spirin, O., Yakovlev, V. (2002). Pidzemni Vody urbanizovanih teritoriy ta pov'yazani z nymy problem. Arhitektura i tehnichekie nauki, 36, 186–190.
2. Iakovlev, V. V., Chistikova, A. V., Vystavnaia, Iu. Iu., Matsiuk, S. A., Gorshkova, E. A. (2015). K voprosu kachestva vody rodnikov, formiruiushchihsia v gorodskoi ekosisteme g. Har'kova. Nauchnyi vestnik stroitel'stva HDUBA, 2 (80), 190–199.
3. Strigelchik, G., Sokolov, Y., Goldfeld, I., Chebanov, A., Nikolenko, N. (2003). Podtoplenie v naseleennykh punktakh Kharkovskoi oblasti. Kharkiv, 160.
4. Chebanov, A. Iu. (2002). Poisk effektivnykh reshenii problemy podtopleniia g orodov. Kommunal'noe hoziaistvo gorodov, 47, 133–138.
5. Shestopalov, V. M., Iakovlev, E. A., Sitnikov, A. B., Lial'ko, V. I. et al. (1988). Vodoobmen v gidrogeologicheskikh strukturah Ukrainy. Metody izucheniia vodoobmena. Kyiv: Naukova dumka, 272.
6. Sierikova, E. (2012). Mathematical modeling of the groundwater level rising under the influence of additional infiltration. Eastern-European Journal of Enterprise technologies, 6(4(60)), 26–33. Available at: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/5679/5109>
7. Strel'nikova, E., Serikova, E. (2013). Study of characteristics of groundwater level changing via the mathematical modeling. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 3(4(63)), 31–35. Available at: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/14760/12561>
8. Serikova, E., Strelnikova, E., Yakovlev, V. (2015). The Programme of Measures to Prevent Flooding on the Built-up Areas on Example of Kharkiv City. International Journal of Development Research, 5 (12), 6236–6240.
9. Chernova, N. I. (2007). Matematicheskai statistika. Novosibirsk: Novosibirsk State University, 148.
10. Climate Kharkiv. Climate data: 1936 – 2016. TuTiempo. Available at: <http://en.tutiempo.net/climate/ws-343000.html>
11. Dvinskih, S., Maksimovich, N., Maleev, K., Larchenko, O. (2011). Ecologya lesoparkovoy zony goroda. Sait Petersburg: Nauka, 154.

Поступила (received) 08.01.2016

## Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

**Изменение уровня грунтовых вод в городской экосистеме г. Харькова/ Е. Н. Серикова, Е. А. Стрельникова//** Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – No 4(1176). – С.132–137. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-5459.

**Зміна рівня ґрунтових вод в міській екосистемі м. Харкова/ О. М. Сєрікова, О. О. Стрельникова//** Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – No 4(1176). – С.132–137. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-5459.

**Groundwater Level Changing in the Urban Kharkov Ecosystem/ E. Serikova, E. Strelnikova//**Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2016. – No 4 (1176). – P. 132–137. – Bibliogr.: 11. – ISSN 2079-5459.

## Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Серикова Елена Николаевна** – інженер по охороне окружающей среды, Эксплуатационно-технический отдел, Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины, ул. Дм. Пожарского, 2/10, г. Харьков, Украина, 61046. e-mail: [elena.kharkov@mail.ru](mailto:elena.kharkov@mail.ru)

**Сєрікова Олена Миколаївна** – інженер з охорони навколишнього середовища, експлуатаційно-технічний відділ, [Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України](http://www.khpi.edu.ua) вул. Пожарського, 2/10, м. Харків, Україна, 61046. e-mail: : [elena.kharkov@mail.ru](mailto:elena.kharkov@mail.ru)

**Serikova Elena** – environmental engineer, technical department, A.M. Pidhorny Institute for Mechanical Engineering Problems NAS of Ukraine, vul. Pozharskoho, 2/10, Kharkiv, Ukraine 61046. e-mail: : [elena.kharkov@mail.ru](mailto:elena.kharkov@mail.ru)

**Стрельникова Елена Александровна** – Доктор технических наук, Ведущий научный сотрудник по специальности механика деформируемого твердого тела, Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины ул. Дм. Пожарского, 2/10, г. Харьков, Украина, 61046. e-mail: [elena15@gmx.com](mailto:elena15@gmx.com).

**Стрельникова Елена Александровна** – доктор технічних наук, провідний науковий співробітник зі спеціальності механіка деформованого твердого тіла, Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України вул. Пожарського, 2/10, м. Харків, Україна, 61046. e-mail: [elena15@gmx.com](mailto:elena15@gmx.com).

**Strelnikova Elena** – Doctor of Technical Sciences, Leading researcher in the specialty Fracture Mechanics, A.M. Pidhorny Institute for Mechanical Engineering Problems NAS of Ukraine, vul. Pozharskoho, 2/10, Kharkiv, Ukraine 61046. e-mail: [elena15@gmx.com](mailto:elena15@gmx.com).

УДК 622.7

**А. А. ШКОП, М. А. ЦЕЙТЛИН, А. В. ШЕСТОПАЛОВ**

## ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ОСЕДАНИЯ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ ПОЛИДИСПЕРСНЫХ СУСПЕНЗИЙ

Исследована кинетика оседания проб шлама различной концентрации и дисперсного состава. Определено, что скорость осаждения частиц твердой фазы шлама снижается при повышении ее концентрации и увеличении доли мелкодисперсной фракции. Присутствие фракции размером более 40 мкм в шламе снижает расход флокулянта в несколько раз и интенсифицирует процесс флокулообразования. Установлено, что для достижения одинаковых скоростей оседания для различных по дисперсному составу или концентрации твердой фазы суспензий требуется разное количество флокулянта. Наилучшие результаты по флокуляции с минимальным расходом полимера получены при более низких концентрациях твердой фазы.

**Ключевые слова:** флокуляция, полидисперсные шламы, дисперсный состав, экономия флокулянта, скорость осаждения, интенсификация.

Досліджено кінетику осідання проб шламу різної концентрації і дисперсного складу. Визначено, що швидкість осідання часток твердої фази шламу знижується при підвищенні їх концентрації і збільшенні вмісту дрібнодисперсної фракції. Присутність фракції розміром більше 40 мкм в шламі знижує витрату флокулянта у декілька разів і інтенсифікує процес флокулоутворення. Встановлено, що для досягнення однакових швидкостей осідання для різних за дисперсним складом або концентрацією твердої фази суспензій потрібна різна кількість флокулянта. Найкращі результати з флокуляції з мінімальною витратою полімеру отримані при нижчих концентраціях твердої фази.

**Ключові слова:** флокуляція, полідисперсні шлами, дисперсний склад, економія флокулянта, швидкість осадження, інтенсифікація.

The article deals with the problems of flocculation intensification of coal sludge polydisperse suspensions. The sedimentation kinetics of sludge samples with different concentration and composition of the fine fractions are investigated. It is determined that the deposition rate of solid phase of sludge particles is reduced by increasing its concentration and increasing the proportion of finely-divided particles in the process of sedimentation and with the use of flocculants. It is established that different amount of flocculant is necessary to achieve the same sedimentation rate for suspensions with various particulate composition or concentration of the solid phase. It is found that polymer consumption increases with increase of solid phase concentration. The presence of the fraction larger than 40 microns in the sludge reduces flocculant consumption several times and intensifies the formation of large aggregates. The best results for flocculation with minimal polymer consumption are obtained with lower concentrations of solid phase. It is shown that the promising areas for intensification of flocculation process and reducing the polymer consumption are sludge adjustment in concentration and disperse composition by dilution to the optimum concentration of solid phase or addition of the fraction larger than 40 microns.

**Keywords:** flocculation, polydisperse sludge, disperse composition, flocculant savings, deposition rate, intensification.

### Введение

В результате интенсивной промышленной деятельности на многих предприятиях химической отрасли Украины накопилось огромное количество отходов, в частности шламов. Последние на протяжении длительного времени складываются в открытых шламонакопителях. В отдельных отраслях промышленности накоплено такое огромное количество промышленных отходов, что вопросы их хранения и последующей утилизации превратились в серьезные экономические и экологические проблемы.

Твердая фаза шламов углеобогатительных фабрик часто является ценным минеральным сырьем, а жидкую фазу целесообразно использовать в замкнутой системе оборотного водоснабжения. Многими странами (включая Украину) уже разработаны и внедрены локальные системы очистки химически загрязненных сточных вод с целью создания замкнутой системы водно-шламового хозяйства [1]. Современные технологические схемы включают различные методы очистки образованных на производстве сточных вод от взвешенных частиц и использования основных объемов очищенных вод в производственных нуждах.

В результате сгущения и осветления шламов в радиальных сгустителях и отстойниках различных конструкций получают оборотную воду и сгущенный продукт, направляемый на переработку или в шламонакопитель. От качества разделения суспензии в сгустителе зависят эффективность операций обогащения и снижение потерь воды фабрики. Поэтому замкнутый цикл, применяемый в углеобогатении, представляет особые требования к качеству разделения твердой и жидкой фаз в сгустителе [2].

В сложившейся практике частицы крупностью более 50 мкм в основном улавливаются в гравитационных отстойниках без использования реагентов, а частицы 10 – 50 мкм – в аналогичных аппаратах с использованием реагентов. Для обезвоживания полидисперсных суспензий крупностью до 0,5 мм используются дисковые вакуум-фильтры, камерные и ленточные фильтр-прессы, центрифуги и другое оборудование [3]. На всех этапах сгущения и обезвоживания проводится интенсификация процессов за счёт использования значительного количества полимерных флокулянтов общим расходом 350 – 500 г/т и более.

© А. А. Шкоп, М. А. Цейтлин, А. В. Шестопапов. 2016