

DOI: 10.15593/2409-5125/2016.03.06

УДК 628.345.1

И.Г. Шайхиев, С.В. Степанова, К.И. Шайхиева

Казанский национальный исследовательский
технологический университет

ОСАЖДЕНИЕ ИЗ МОДЕЛЬНОГО РАСТВОРА ИОНОВ МЕДИ ВЫСОКОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ (ЭКСТРАКТОВ ИЗ ОБОЛОЧЕК СТРУЧКОВ PISUM SATIVUM)

В настоящей работе исследовалось влияние значений pH среды экстрактов из оболочек стручков гороха на эффективность удаления ионов меди из модельного раствора с концентрацией 1000 мг/дм³. Для оценки влияния значения pH на эффективность удаления ионов Cu²⁺ экстрактами, экстрагент предварительно подкисляли или подщелачивали 0,1 н. растворами HCl или NaOH соответственно до достижения pH 2,5 или 11. По истечении названного промежутка времени экстракты отделялись от сырья и анализировались.

Проведенными экспериментами определено, что наибольшая степень удаления ионов меди из модельных растворов наблюдается при добавлении щелочного экстракта из высушенных и измельченных оболочек стручков гороха. В то же время степень удаления ионов меди с использованием ЭСГ и ЭСГщ различается незначительно и составляет 1,7 %. В этой связи использование данных экстрактов проблематично, так как в дальнейшем необходима нейтрализация смесового фильтрата. Очевидно, что после использования экстракта необходима последующая очистка другими методами для достижения требуемых показателей по сбросу стоков в природные водоемы, а регенерацию меди возможно осуществлять путем сжигания органической составляющей осадков.

Ключевые слова: оболочки стручков гороха, pH, экстракты, модельные растворы, ионы меди (II), очистка.

В настоящее время стремительно развивается инновационное направление в практике очистки природных и сточных вод от ионов тяжелых металлов (ИТМ) – использование в качестве реагентов отходов промышленного производства и переработки сельскохозяйственного и древесного сырья. Особенное внимание научной общественности приковано к возобновляемым, многотоннажным, экологически чистым сельскохозяйственным отходам.

Имеется большое количество публикаций по исследованию целлюлозосодержащих остатков от переработки сельхозсырья и репереработки для удаления ИТМ из водных сред [1–10].

Особый интерес в рассматриваемой проблеме представляют отходы от переработки бобовых культур. Названные реагенты характеризуются, как правило, более высокими адсорбционными свойствами в сравнении с целлюлозосодержащими отходами сорбционными материалами из-за наличия в их составе большего количества функциональных групп, входящих в состав белковых соединений и вступающих в реакции с ИТМ. В частности, рассмотрена сорбция ионов Cr(VI) измельченными стручками гороха (*Pisum sativum*). Проведенными исследованиями определено, что наибольшая степень удаления ионов Cr⁶⁺ наблюдается при pH 3, начальной концентрации названных ионов 50 мг/дм³, дозировке сорбционного материала 40 г/дм³, и составляет 3,56 мг/г при 25 °С. Изотермы сорбции наиболее адекватно описываются уравнением Темкина [11]. Также изучена сорбция ионов Cr⁶⁺ и Zn²⁺ измельченными стручками гороха [12]. Определена максимальная сорбционная емкость по названным ионам: 1,88 мг/г – по ионам Cr(VI) и 1,45 мг/г – по ионам Zn(II). Авторами указывается, что основным механизмом процесса извлечения ИТМ является хемосорбция ионов металлов функциональными группами, входящими в состав белковых структур оболочек стручков гороха. Тем не менее следует отметить низкие значения максимальной сорбционной емкости измельченной кожуры стручков гороха по вышеназванным ИТМ. Данное обстоятельство объясняется тем, что хемосорбция протекает лишь с участием функциональных групп белков, находящихся на поверхности сорбционного материала.

Увеличить степень удаления ИТМ возможно при использовании в качестве реагентов экстрактов из сорбционных материалов в данном случае из отходов переработки бобовых культур. Ранее проведенными экспериментами показана возможность удаления ионов Cu, Co и Ni из модельных растворов с исходной концентрацией 10–1000 мг/дм³ экстрактом из стручков гороха [13–16]. Показано, что их применение способствует эффективно удалению названных ионов путем образования нерастворимых

в воде комплексонатов металлов с белковыми соединениями, входящими в состав стручков *Pisum sativum*.

В настоящей работе исследовалось влияние значений pH среды экстрактов из оболочек стручков гороха на эффективность удаления ионов меди из модельного раствора с концентрацией 1000 мг/дм³. Экстракты готовились следующим образом: измельченные высушенные оболочки стручков *Pisum sativum* с размером частиц от 0,5 до 1 мм в количестве 100 г заливались 1 дм³ дистиллированной воды, нагретой до 90 °С. Смесь настаивалась в течение 3 ч для наиболее полного экстрагирования органических веществ в водную фазу. Для оценки влияния значения pH на эффективность удаления ионов Cu²⁺ экстрактами экстрагент предварительно подкисляли или подщелачивали 0,1 н. растворами HCl или NaOH соответственно до достижения pH 2,5 или 11. По истечении названного промежутка времени экстракты отделялись от сырья и анализировались.

Физико-химические показатели экстрактов из оболочек стручков гороха, полученные в нейтральной (ЭСГ), кислой (ЭСГк) и щелочной (ЭСГщ) среде, приведены в табл. 1.

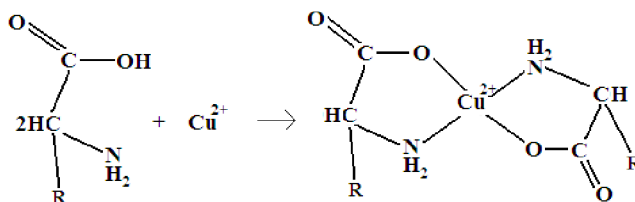
Таблица 1

**Физико-химические показатели экстрактов
из оболочек стручков гороха**

Показатель	ЭСГ	ЭСГк	ЭСГщ
pH	6,27	2,5	11,0
ХПК, мг O ₂ /дм ³	4007	3912	6488
Плотность, мг/см ³	1005,1	1001,9	1009,4
Светопропускание, %	4,0	11,0	2,7
Общая щелочность, мг·экв/дм ³	1,0	–	15,2
Общая кислотность, мг·экв/дм ³	9,6	19,0	–
Цвет	Темно-коричневый	Светло-коричневый	Темно-коричневый

Ход проведения эксперимента заключался в следующем: в пять плоскодонных колб, содержащих по 100 см³ модельного раствора с содержанием ионов меди концентрацией 1000 мг/дм³, добавлялся реагент в объеме от 5 до 50 см³. Добавление последнего приводило к появлению дисперсной фазы голубого цвета, обу-

словленного образованием комплексонов аминокислот с ионами меди. Эти соединения являются внутренними комплексными солями; в них атом меди связан не только с атомами кислорода, но и с атомами азота аминогрупп. Связь между атомом меди и азота осуществляется дополнительными валентностями (за счет неподеленной пары электронов азота аминогруппы и свободных d-орбиталей меди), при этом возникают кольчатые структуры, состоящие из пятичленных циклов. Медь в таких внутрикомплексных соединениях не имеют ионного характера, которые характеризуются устойчивостью и, как правило, нерастворимы в водных средах [17]:



где R – радикал-аминокислоты.

Дисперсная фаза удалялась фильтрованием, сушилась и взвешивалась, а фильтрат анализировался на изменение физико-химических показателей. По полученным данным строились зависимости, демонстрирующие эффективность использования экстракта при очистке модельных вод от ионов меди (рис. 1).

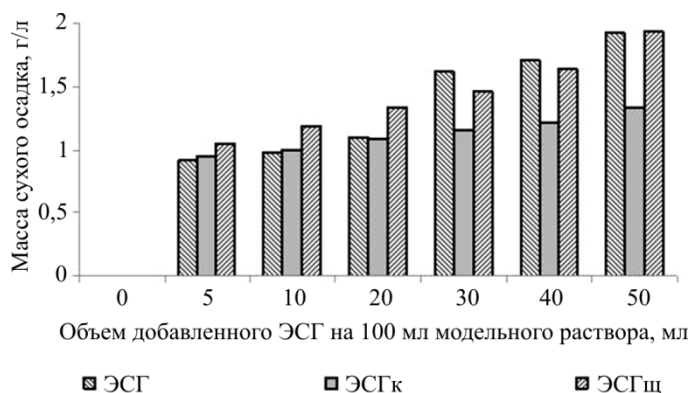


Рис. 1. Зависимость изменения массы сухого остатка от объема и pH добавляемого экстракта

Очевидно, что при малых объемах приливаемых экстрактов наибольшая масса осадка наблюдается при применении щелочного экстракта; при увеличении дозировок – при использовании ЭСГ, а кислого экстракта – к снижению массы образующегося осадка. Известно, что полное осаждение гидроксида меди происходит при рН 8–10.

Исходный модельный медьсодержащий раствор имеет значение рН 5,00. Добавление к нему экстрактов способствует некоторому изменению названного параметра: при ЭСГк наблюдалось снижение рН, при использовании ЭСГщ – повышение, что вполне закономерно (рис. 2).

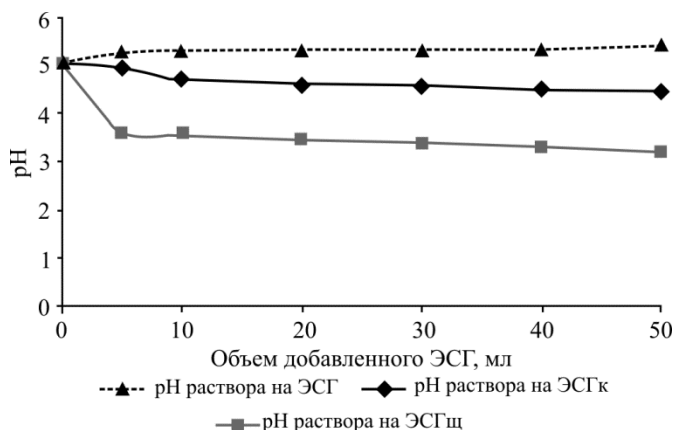


Рис. 2. Зависимость изменения рН фильтратов от дозировок и вида приливаемых экстрактов

Добавление экстрактов к модельному раствору, как говорилось ранее, приводит к образованию осадка и, следовательно, к уменьшению содержания ионов Cu^{2+} в смесевом стоке. Как изменяется остаточная концентрация ионов $\text{Cu}(\text{II})$ в зависимости от дозировок и вида экстрактов, показано на рис. 3.

Как следует из приведенных графических зависимостей, добавление щелочного экстракта способствует уменьшению рассматриваемого значения, чем при использовании двух других видов экстрактов. Следует отметить, что наибольшее снижение показателя остаточного содержания ионов меди достигается при добавлении 5 см^3 экстрактов, дальнейшее увеличение дозировок экстрактов не способствует значимому снижению содержания ионов Cu^{2+} .

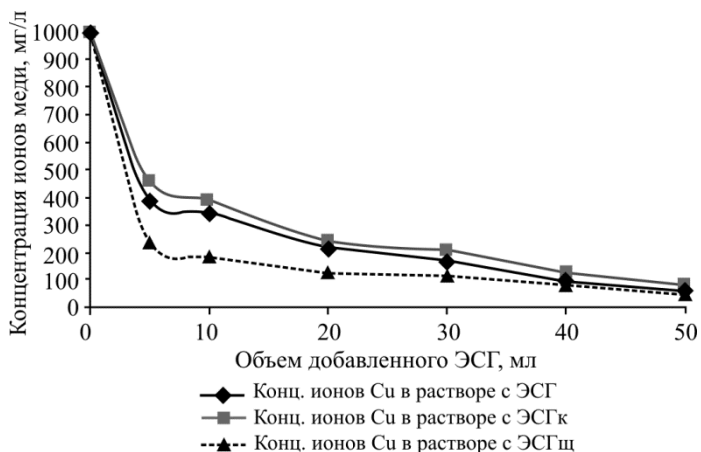


Рис. 3. Зависимости изменения остаточного содержания ионов меди в фильтрах от объема и вида приливаемого экстракта

Наименьшая остаточная концентрация ионов Cu(II) наблюдается при добавлении к модельному стоку 50 см^3 щелочного экстракта – $49,4 \text{ мг/дм}^3$, наибольшая – при добавлении кислого экстракта ($83,0 \text{ мг/дм}^3$). Проведенными расчетами определено, что степень удаления ионов Cu(II) с учетом разбавления модельного раствора экстрактами (ЭСГ, ЭСГк и ЭСГщ) в соотношении 2:1 составила 90,9; 87,5 и 92,6 % соответственно.

Определено соотношение количества ионов Cu(II) к массе органической компоненты, выпавшей в осадок, в зависимости от дозировок и вида добавляемого к модельным растворам экстракта. Данные расчетов приведены в табл. 2.

Вычисленные соотношения показывают усредненную массу органических веществ, содержащихся в экстракте, которые вступают в реакцию комплексообразования с единицей массы иона меди. Проведенными расчетами найдено, что наименьшее соотношение органической составляющей осадка к ионам Cu^{2+} наблюдается в случае приливания к модельному раствору щелочного экстракта в малых дозировках, при увеличении количества добавляемых экстрактов. Хотя следует отметить, что масса осадка и количество удаляемых ионов меди в случае использования кислого экстракта – наименьшая, а наибольшие показатели достигаются при добавлении ЭСГ.

Таблица 2

Зависимость соотношения масс Cu^{2+} и органических соединений, выпавших в осадок в фильтратах, от объема добавленного экстракта

Экстракт	МСО, г	Соотношение масс Cu^{2+} : орг. компонент
ЭСГ	0,92	1 : 0,51
	0,98	1 : 0,50
	1,09	1 : 0,39
	1,62	1 : 0,96
	1,70	1 : 0,88
	1,92	1 : 1,04
ЭСГк	0,95	1 : 0,75
	1,0	1 : 0,64
	1,08	1 : 0,42
	1,15	1 : 0,45
	1,21	1 : 0,39
	1,33	1 : 0,45
ЭСГщ	1,04	1 : 0,35
	1,18	1 : 0,44
	1,33	1 : 0,53
	1,46	1 : 0,65
	1,64	1 : 0,79
	1,93	1 : 1,03

В ходе проведения экспериментов установлено, что во всех случаях значения ХПК смесевых фильтратов с увеличением количества добавляемых к модельным растворам экстрактов повышаются, что вполне закономерно, так как последние имеют высокое содержание в своем составе органических соединений (рис. 4).

Значения $\text{ХПК}_{\text{теор}}$ на графиках (см. рис. 4) показывают изменение данного параметра, получившееся в результате смешения дистиллированной воды с экстрактами при простом разбавлении в указанных ранее пропорциях. $\text{ХПК}_{\text{практ}}$ отражает зависимость изменения значений ХПК смесевых фильтратов после отделения образовавшегося осадка. Разница между значениями ХПК холостого опыта и смесевых фильтратов при удалении ионов Cu^{2+} соответствует тому количеству органических соединений, которые вступили в реакции с ионами меди с образованием нерастворимых в воде соединений.

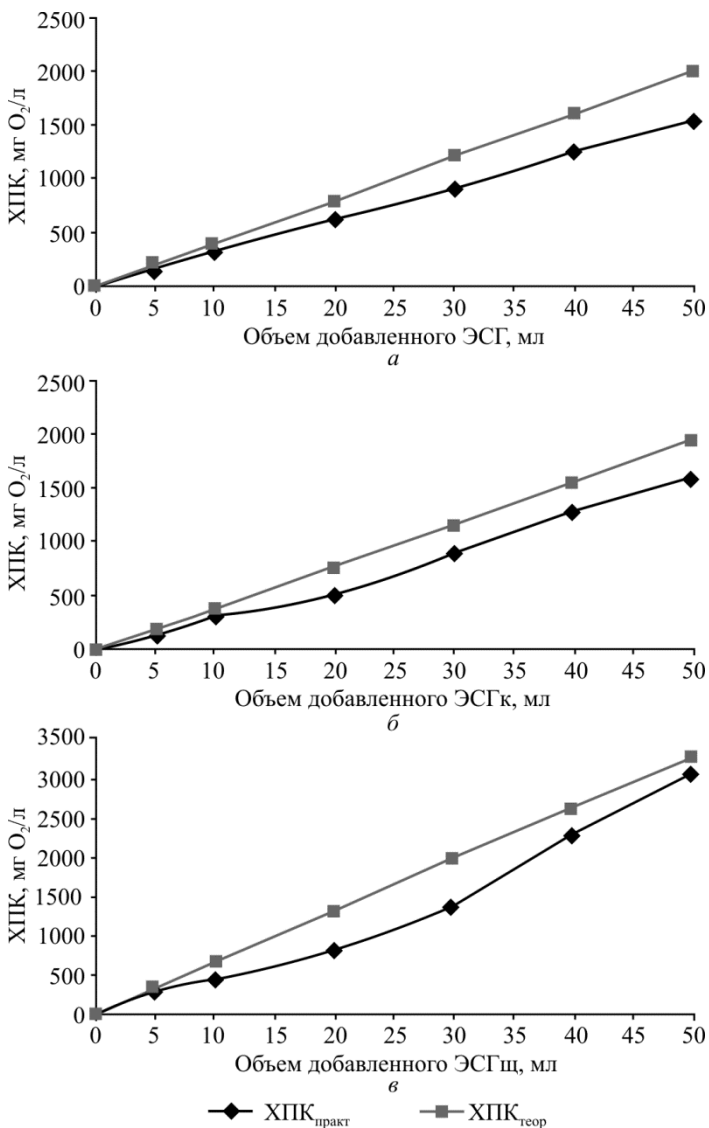


Рис. 4. Зависимость значений ХПК от объема приливаемого экстракта:
а – ЭСГ; *б* – ЭСГк; *в* – ЭСГщ

Сравнивая зависимости, приведенные на рис. 4, можно видеть, что наибольшая разница при приливании максимального объема в данных экспериментах количества экстрактов (50 см³ к 100 см³ модельного раствора с ионами Cu²⁺) наблюдается при добавлении ЭСГ (Δ ХПК = 459 мг O₂/дм³). При добавлении ЭСГк и ЭСГщ к модельному раствору значения ХПК в указанных соот-

ношениях составили 355 и 210 мг $O_2/дм^3$ соответственно. Очевидно, что при приливании щелочного экстракта первоначально наблюдается наибольшее значение разницы ХПК и конечная концентрация ионов $Cu(II)$ ниже такового показателя, полученного с использованием ЭСГ и ЭСГк. По всей видимости, данное обстоятельство обусловлено тем, что в реакцию с ионами $Cu(II)$ вступают как содержащийся в экстракте $NaOH$, так и аминокислоты.

В этой связи было интересно оценить соотношения значений ΔXPK и количества удаляемых ионов меди из модельных растворов. Вычисленные соотношения количества ионов $Cu(II)$ и органических соединений, вступивших в реакции с ними, по показателю ХПК, с учетом разбавления, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Зависимость соотношения $Cu(II)$ и органических соединений, выпавших в осадок в фильтрах, от объема добавленного экстракта

Объем экстракта, $см^3$	Экстракт					
	ЭСГ		ЭСГк		ЭСГщ	
	ΔXPK , $мг O_2/дм^3$	Соотношение $Cu^{2+} : XPK$	ΔXPK , $мг O_2/дм^3$	Соотношение $Cu^{2+} : XPK$	ΔXPK , $мг O_2/дм^3$	Соотношение $Cu^{2+} : XPK$
5	39,6	1 : 0,067	57,3	1 : 0,116	57,2	1 : 0,079
10	76,3	1 : 0,135	75,0	1 : 0,145	210,0	1 : 0,291
20	171,7	1 : 0,279	268,6	1 : 0,453	497,6	1 : 0,706
30	313,4	1 : 0,532	265,7	1 : 0,478	615,7	1 : 0,954
40	356,8	1 : 0,575	281,6	1 : 0,480	333,4	1 : 0,528
50	458,6	1 : 0,757	355,4	1 : 0,609	209,9	1 : 0,340

Как следует из приведенных в табл. 3 данных, с увеличением приливаемых дозировок ЭСГ и ЭСГк соотношение ионов $Cu(II)$ и значения ХПК планомерно повышается. В случае приливания щелочного экстракта наблюдается несколько иная тенденция – названное соотношение первоначально также увеличивается, а затем понижается. На 1 мг удаляемого иона меди приходится от 0,067 до 0,954 мг ХПК.

Таким образом, проведенными экспериментами определено, что наибольшая степень удаления ионов меди из модельных растворов с концентрацией $1000 мг/дм^3$ наблюдается при добавлении

щелочного экстракта из высушенных и измельченных оболочек стручков гороха. В то же время, как отмечалось ранее, степень удаления ионов меди с использованием ЭСГ и ЭСГщ различается незначительно и составляет 1,7 %. В этой связи применение кислого и щелочного экстрактов видится проблематичным, так как в дальнейшем необходима нейтрализация смесового фильтрата, что приводит к дополнительным финансовым затратам. Очевидно, что после использования экстракта необходима последующая очистка другими методами для достижения требуемых показателей по сбросу стоков в природные водоемы, а регенерацию меди возможно осуществлять сжиганием органической составляющей осадков.

Библиографический список

1. Innovative use of silvichemical biomass and its derivatives for heavy metal sorption from wastewater / H. Yu, G.H. Covey, A.J. O'Connor // *International Journal Environment and Pollution*. – 2008. – Vol. 34, № 1-4. – P. 427–450.
2. Agro and horticultural wastes as low cost adsorbents for removal of heavy metals from wastewater: A review / P.K. Sharma, S. Ayub, C.N. Tripathi // *International Refereed Journal of Engineering and Science*. – 2013. – Vol. 2, № 8. – P. 18–27.
3. Utilization of various agricultural waste materials in the treatment of industrial wastewater containing heavy metals: A review / M.A. Mohammed, A. Shitu, M.A. Tadda, M. Ngabura // *International Research Journal of Environment Sciences*. – 2014. – Vol. 3, № 3. – P. 62–71.
4. Bioadsorbents for remediation of heavy metals: Current status and their future prospects / V.K. Gupta, A. Nayak, S. Agarwal // *Environmental Engineering Research*. – 2015. – Vol. 20, № 1. – P. 1–18.
5. Sorption of Heavy Metal Ions from Aqueous Solutions: A review / G. Zhao, X. Wu, X. Tan, X. Wang // *The Open Colloid Science Journal*. – 2011. – Vol. 4. – P. 19–31.
6. Ahmaruzzaman M. Industrial wastes as low-cost potential adsorbents for the treatment of wastewater laden with heavy metals // *Advanced Colloid Interface Science*. – 2011. – Vol. 166, № 1-2. – P. 36–59.
7. Шайхиев И.Г. Использование отходов деревопереработки в качестве реагентов для очистки сточных вод // *Все материалы. Информационный справочник*. – 2008. – № 12. – С. 29–42.
8. Шайхиев И.Г. Использование отходов сельского хозяйства для очистки сточных вод гальванических производств // *Вестник машиностроения*. – 2006. – № 4. – С. 73–76.
9. Шайхиев И.Г. Использование растительных сельскохозяйственных отходов для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов. Ч. I // *Все материалы. Энциклопедический справочник*. – 2010. – № 3. – С. 15–25.
10. Шайхиев И.Г. Использование растительных сельскохозяйственных отходов для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов. Ч. II // *Все материалы. Энциклопедический справочник*. – 2010. – № 4. – С. 30–40.

11. Removal of chromium from water using pea waste—a green approach / J. Anwar, U. Shafique, Waheed-uz-Zaman, M. Salman, Z. Hussain, M. Saleem, N. Shahid, S. Mahboob, S. Ghafoor, M. Akram, R. Rehman, N. Jamil // *Green Chemistry Letters and Reviews*. – 2010. – Vol. 3, № 3. – P. 239–243.

12. Removal of chromium (III) and zinc (II) by using pods of *Pisum sativum* (garden peas) / J. Anwar, M.U. Shafique, M. Salman, Waheed-uz-Zaman, I. Asif // *Journal of Scientific Research*. – 2008. – Vol. 38, № 2. – P. 1–7.

13. Удаление ионов никеля из модельного раствора экстрактами из оболочек стручков гороха с различными значениями pH / И.Г. Шайхиев, К.И. Шайхиева, С.В. Степанова, Д.А. Панарин // *Вестник технологического университета*. – 2016. – Т. 19, № 5. – С. 153–157.

14. Очистка модельных растворов от ионов кобальта водными экстрактами из оболочек стручков *Pisum sativum* с различными значениями pH / И.Г. Шайхиев, К.И. Шайхиева, С.В. Степанова, Д.А. Панарин // *Вестник технологического университета*. – 2016. – Т. 19, № 4. – С. 150–153.

15. Влияние pH экстрактов из оболочек стручков *Pisum sativum* на удаление ионов меди из модельных растворов / И.Г. Шайхиев, К.И. Шайхиева, С.В. Степанова, А.А. Хаертдинова // *Вестник технологического университета*. – 2016. – Т. 19, № 2. – С. 98–102.

16. Исследование возможности удаления ионов тяжелых металлов из водных сред отходами переработки бобовых культур / Т.А. Прокопенко, С.В. Степанова, И.Г. Шайхиев // *Вестник Казанского технологического университета*. – 2011. – № 8. – С. 60–64.

17. Справочник химика. Химия и химическая технология [Электронный ресурс]. – URL: <http://chem21.info/page/142089096037058116201212227118007082217159015231/>

References

1. Yu H., Covey G.H., O'Connor A.J. Innovative use of silvichemical biomass and its derivatives for heavy metal sorption from wastewater. *International Journal Environment and Pollution*, 2008, vol. 34, no. 1-4, pp. 427–450.

2. Sharma P.K., Ayub S., Tripathi C.N. Agro and horticultural wastes as low cost adsorbents for removal of heavy metals from wastewater: A review. *International Refereed Journal of Engineering and Science*, 2013, vol. 2, no. 8, pp. 18–27.

3. Mohammed M.A., Shitu A., Tadda M.A., Ngabura M. Utilization of various agricultural waste materials in the treatment of industrial wastewater containing heavy metals: A review. *International Research Journal of Environment Sciences*, 2014, vol. 3, no. 3, pp. 62–71.

4. Gupta V.K., Nayak A., Agarwal S. Bioadsorbents for remediation of heavy metals: Current status and their future prospects. *Environmental Engineering Research*, 2015, vol. 20, no. 1, pp. 1–18.

5. Zhao G., Wu X., Tan X., Wang X. Sorption of Heavy Metal Ions from Aqueous Solutions: A Review. *The Open Colloid Science Journal*, 2011, vol. 4, pp. 19–31.

6. Ahmaruzzaman M. Industrial wastes as low-cost potential adsorbents for the treatment of wastewater laden with heavy metals. *Advanced Colloid Interface Science*, 2011, vol. 166, no. 1-2, pp. 36–59.

7. Shaikhiev I.G. Ispol'zovanie otkhodov derevopererabotki v kachestve reagentov dlya ochistki stochnykh vod [The use of wood waste as reagents for wastewater treatment]. *Vse materialy. Infomatsionnyj spravochnik*, 2008, no. 12, pp. 29–42.

8. Shaikhiev I.G. Ispol'zovanie otkhodov sel'skogo hozaystvs dlya ochistki stochnykh vod gal'vanicheskikh proizvodstv [The use of agricultural waste to sewage treatment in electroplating]. *Vestnik mashinostroeniya*, 2006, no. 4, pp. 73–76.

9. Shaikhiev I.G. Ispol'zovanie rastitel'nykh sel'skokhozaystvennykh otkhodov dlya ochistki stochnykh vod ot ionov tayzhelykh metallov. Part I. [The use of agricultural waste plant for sewage treatment from ions of heavy metals]. *Vse materialy. Entsiklopedicheskij spravochnik*, 2010, no. 3, pp. 15–25.

10. Shaikhiev I.G. Ispol'zovanie rastitel'nykh sel'skokhozaystvennykh otkhodov dlya ochistki stochnykh vod ot ionov tayzhelykh metallov. P. II. [The use of agricultural waste plant for sewage treatment from ions of heavy metals]. *Vse materialy. Entsiklopedicheskij spravochnik*, 2010, no. 4, pp. 30–40.

11. Anwar J., Shafique U., Waheed-uz-Zaman, Salman M., Hussain Z., Saleem M., Shahid N., Mahboob S., Ghafoor S., Akram M., Rehman R., Jamil N. Removal of chromium from water using pea waste—a green approach. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 2010, vol. 3, no. 3, pp. 239–243.

12. Anwar J., Shafique M.U., Salman M., Waheed-uz-Zaman, Asif I. Removal of chromium (III) and zinc (II) by using pods of pisum sativum (garden peas). *Journal of Scientific Research*, 2008, vol. 38, no. 2, pp. 1–7.

13. Shaikhiev I.G., Shaikhieva K.I., Stepanova S.V., Panarin D.A. Uдалenie ionov nikelay iz model'nogo rastvora ekstraktami iz obolochek struchkov gorokha s razlichnymi znacheniyami pH [Removal of nickel ions from model solution extracts of membranes pea pods with different pH values]. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta*, 2016, vol. 19, no. 5, pp. 153–157.

14. Shaikhiev I.G., Shaikhieva K.I., Stepanova S.V., Panarin D.A. Ochistka model'nykh rastvorov ot ionov kobal'ta vodnymi ekstraktami iz obolochek struchkov *Pisum sativum* s razlichnymi znacheniyami pH [Cleaning the model solutions of the shells from the aqueous extracts of cobalt ions *Risum sativum* pods at different pH values]. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta*, 2016, vol. 19, no. 4, pp. 150–153.

15. Shaikhiev I.G., Shaikhieva K.I., Stepanova S.V., Haertdinova A.A. Vliyanie pH ekstraktov iz obolochek struchkov *Pisum sativum* na udalenie ionov medi iz model'nykh rastvorov [Effect of pH of extracts from *Pisum sativum* pod shells to remove copper ions from model solutions]. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta*, 2016, vol. 19, no. 2, pp. 98–102.

16. Prokopenko T.A. Issledovanie vozmozhnosti udaleniya ionov tayzhelykh metallov iz vodnykh sred otkhodami pererabotki bobovykh kul'tur [Study the possibility of removing heavy metal ions from waste water processing environments legumes]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2011, no. 8, pp. 60–64.

17. Spravochnik khimika. Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya, available at: <http://chem21.info/page/142089096037058116201212227118007082217159015231/>

Получено 07.07.2016

I. Shaikhiev, S. Stepanova, K. Shaikhieva

**PRECIPITATION OF COPPER IONS WITH HIGH
CONCENTRATION FROM MODEL SOLUTION USING
EXTRACTS FROM PISUM SATIVUM PODS SHELLS
WITH DIFFERENT PH VALUES**

The removal of copper ions from model solutions with the concentration of 1000 mg/dm³ was investigated using pea pods shells. It was studied how pH values influence on reagents in extraction efficiency of copper (II) ions. The experiments have shown that the maximum degree of purification is observed if alkaline extracts from pea pods shells are used.

Keywords: pea pods shell, pH, extracts, model solutions, copper (II) ions, treatment.

Шайхиев Ильдар Гильманович (Казань, Россия) – д-р техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Инженерная экология», Казанский национальный исследовательский технологический университет (420000, Казань, ул. Карла Маркса, 68, e-mail: ildars@inbox.ru).

Степанова Светлана Владимировна (Казань, Россия) – канд. техн. наук, доцент, кафедры «Инженерная экология», Казанского национального исследовательского технологического университета (420000, Казань, ул. Карла Маркса, 68, e-mail: ssvkan@mail.ru).

Шайхиева Карина Ильдаровна (Казань, Россия) – студент, Казанский национальный исследовательский технологический университет (420000, Казань, ул. Карла Маркса, 68, e-mail: shaykhievak@gmail.ru).

Shajkhiev Ildar (Kazan, Russian Federation) – Environmental Safety, Kazan National Research Technological University, Doctor of Technical Sciences, Professor (68 Karl Marks street, Kazan, 420000, e-mail: ildars@inbox.ru).

Stepanova Svetlana (Kazan, Russian Federation) – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Environmental Safety, Kazan National Research Technological University (68 Karl Marks street, Kazan, 420000, e-mail: ssvkan@mail.ru).

Shajkhieva Karina (Kazan, Russian Federation) – Student, Environmental Safety, Kazan National Research Technological University (68 Karl Marks street, Kazan, 420000, e-mail: shaykhievak@gmail.ru).