

DOI: 10.12737/article_5a27cb880f1206.99778681

¹Бондаренко Д.О., аспирант,
¹Бондаренко Н.И., ассистент,
¹Бессмертный В.С., д-р техн. наук, проф.,
¹Купавцев Э.Л., магистрант,
²Дюмина П.С., канд. техн. наук, доц.,
³Макаров А.В., канд. техн. наук, доц.

¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

²Белгородский университет кооперации, экономики и права

³Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал)

Национального исследовательского технологического университета «МИСиС»

СИНТЕЗ СИЛИКАТ-ГЛЫБЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАЗМЕННОГО НАГРЕВА

di_bondarenko@mail.ru

Традиционная технология получения силикат-глыбы является достаточно энергоёмкой и длительной во времени. Использование низкотемпературной плазмы в различных отраслях промышленности на сегодняшний день является перспективным направлением. В работе представлены результаты исследований влияния температуры термообработки таблетированной шихты на её фазовый состав, а также синтеза силикат-глыбы с использованием плазменной струи. Проведённые исследования позволили установить закономерности плазменного синтеза силикат-глыбы с использованием плазменного нагрева.

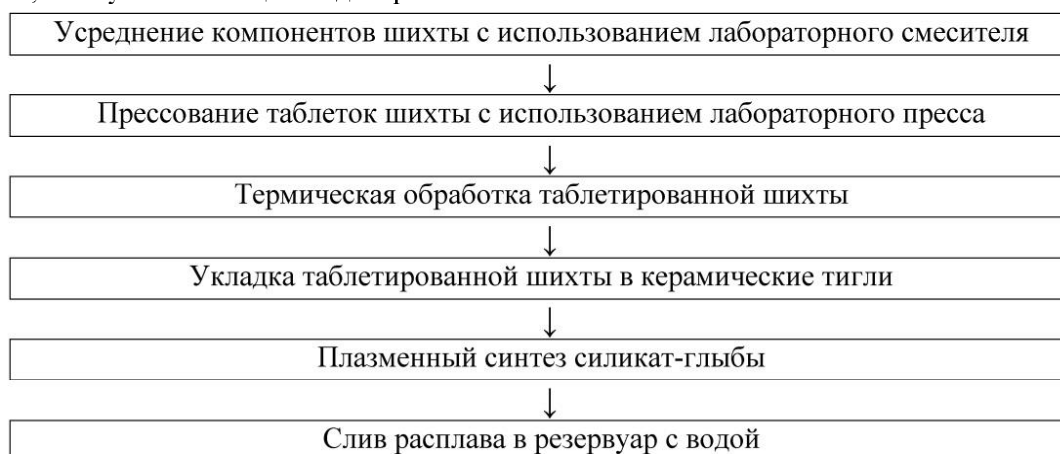
Ключевые слова: синтез, силикат-глыба, плазменная струя, плазменный нагрев, шихта.

Жидкое стекло представляет собой общедоступный ресурс растворимого кремнезема, используемого при синтезе неорганических и кремнийорганических соединений, который не имеет природных аналогов [1–3]. Известны три способа производства жидкого стекла: сухой способ, мокрый способ и способ возгонки [3–4]. Однако современные технологии получения силикат-глыбы являются достаточно энергоёмкими, длительными во времени, требующими значительного количества дробильно-помольного оборудования [5–7]. Использование низкотемпературной плазмы позволило создать высокоэффективные, экологически чистые технологии синтеза минералов, получения защитно-декоративных

покрытий на бетоне, силикатном кирпиче, пено-стекле, изделиях из стекла и др. [8–14].

В работе представлены результаты исследований синтеза силикат-глыбы с использованием плазменной струи. Для синтеза силикат-глыбы использовали соду кальцинированную марки Б по ГОСТ 5100–85, поташ первого сорта по ГОСТ 10690–73 и кварцевый песок марки Б-100-1 по ГОСТ 22551–77. В качестве высокотемпературного источника использовали многофункциональный прибор Мультиплаз–2500.

Разработанная технология синтеза силикат-глыбы предусматривает следующие технологические операции:



Ранее проведенными исследованиями [15] доказано, что важным технологическим этапом является стадия таблетирования и последующая

термообработка таблеток шихты. Таблетирование шихты связано с особенностями плазменного факела, истекающего из плазменной горелки со

скоростью 150 м/с. В случае использования порошковой шихты, последняя будет выдуваться плазменной струёй из тигля и расслаиваться.

Количественный химический состав до и после плазменной обработки определяли рентгенофлуоресцентным методом анализа с использованием спектрометра APL 9900 «Thekmoscientific».

Таблетки шихты термообрабатывали при температурах 400 °С и 500 °С. После термообработки таблетки подвергали рентгенофазовому анализу. Фазовый состав термообработанных шихт определяли на дифрактометре ARLXTRA.

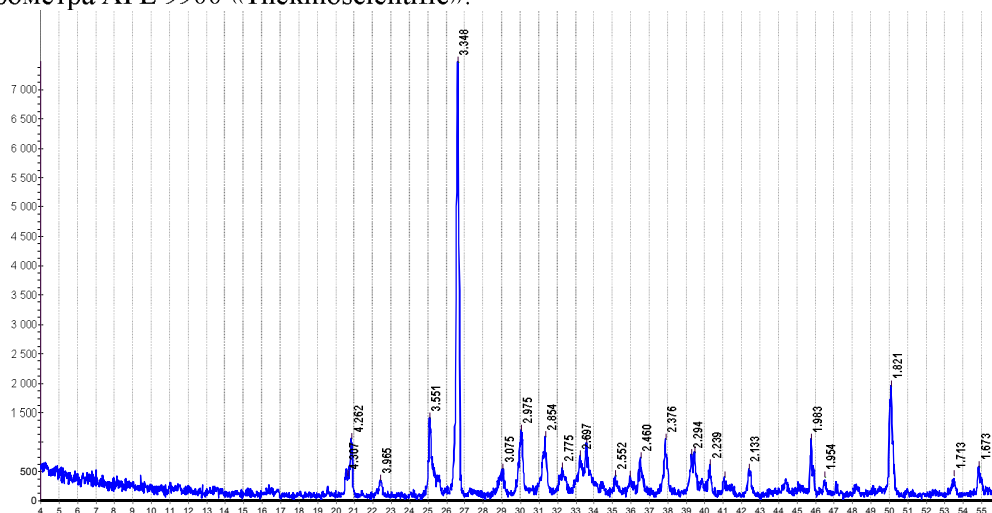


Рис. 1. Порошковая рентгеновская дифрактограмма натриевой шихты при 400 °С

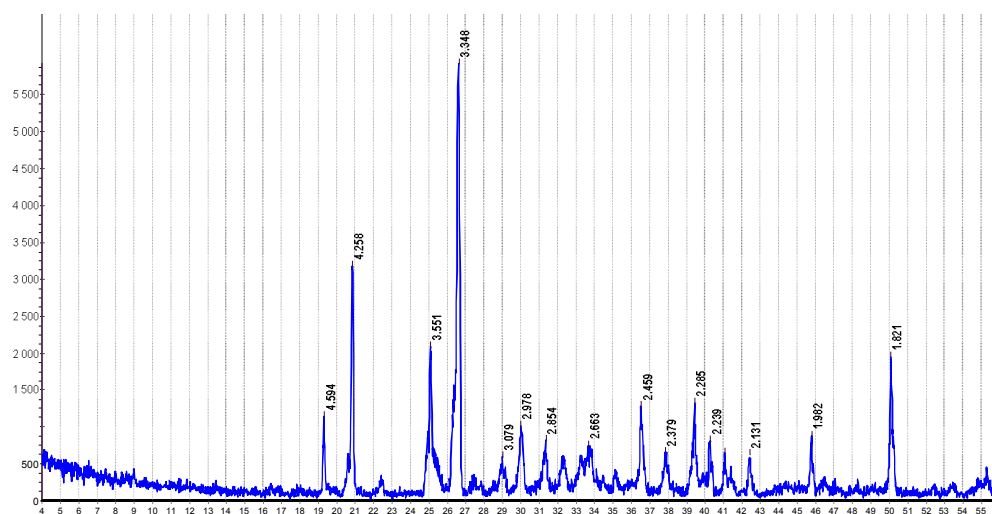


Рис. 2. Порошковая рентгеновская дифрактограмма натриевой шихты при 500 °С

На рисунках 1 и 2 представлены фазовые составы шихт термообработанных при 400 °С и 500 °С с содержанием в пересчёте на силикат-глыбу 26 % Na_2O и 74 % SiO_2 .

С увеличением температуры термообработки с 400 °С до 500 °С помимо пиков кварца и соды увеличивается интенсивность пиков NaHCO_3 , CHNaO_2 . Повышение прочности на сжатие с 0,8 МПа до 1,5 МПа связано с твердофазными реакциями с образованием пространственного каркаса.

На рисунках 3 и 4 представлен фазовый состав термообработанных шихт при температурах

400 °С и 500 °С с содержанием в пересчёте на силикат-глыбу 31 % K_2O и 69 % SiO_2 .

С увеличением температуры термообработки с 400 °С до 500 °С помимо основных пиков SiO_2 и K_2CO_3 увеличивается интенсивность пиков $\text{K}_4\text{H}_2(\text{CO}_3)_3$. Это также способствует образованию пространственного каркаса и увеличению прочности с 0,85 МПа до 1,6 МПа.

После термообработки таблеток шихт проводили синтез силикат-глыбы в керамических тиглях с использованием плазменной струи с температурой 5000 °С.

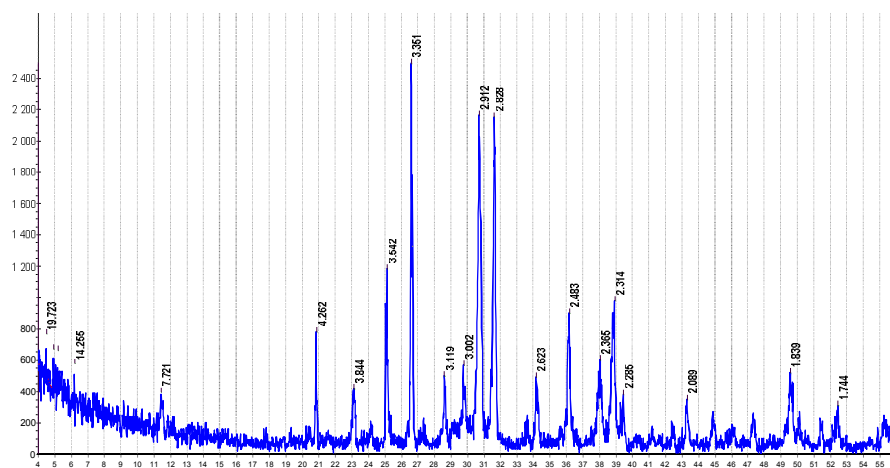


Рис. 3. Порошковая рентгеновская дифрактограмма калиевой шихты при 400 °С

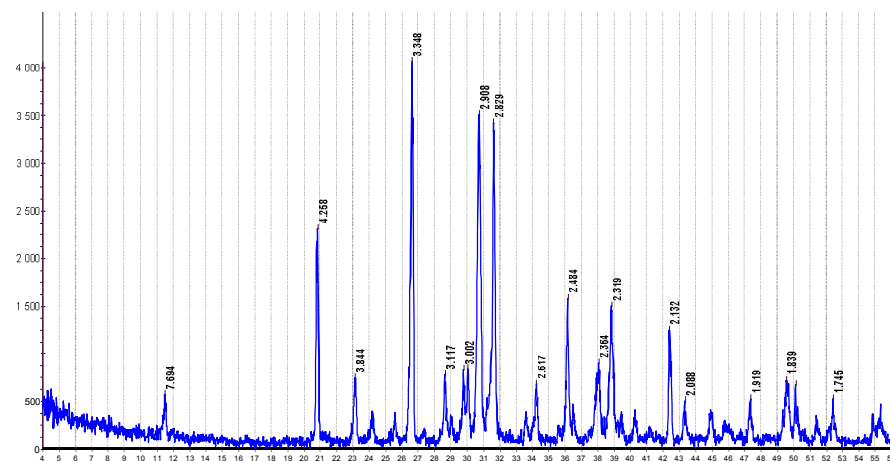


Рис. 4. Порошковая рентгеновская дифрактограмма калиевой шихты при 500°С

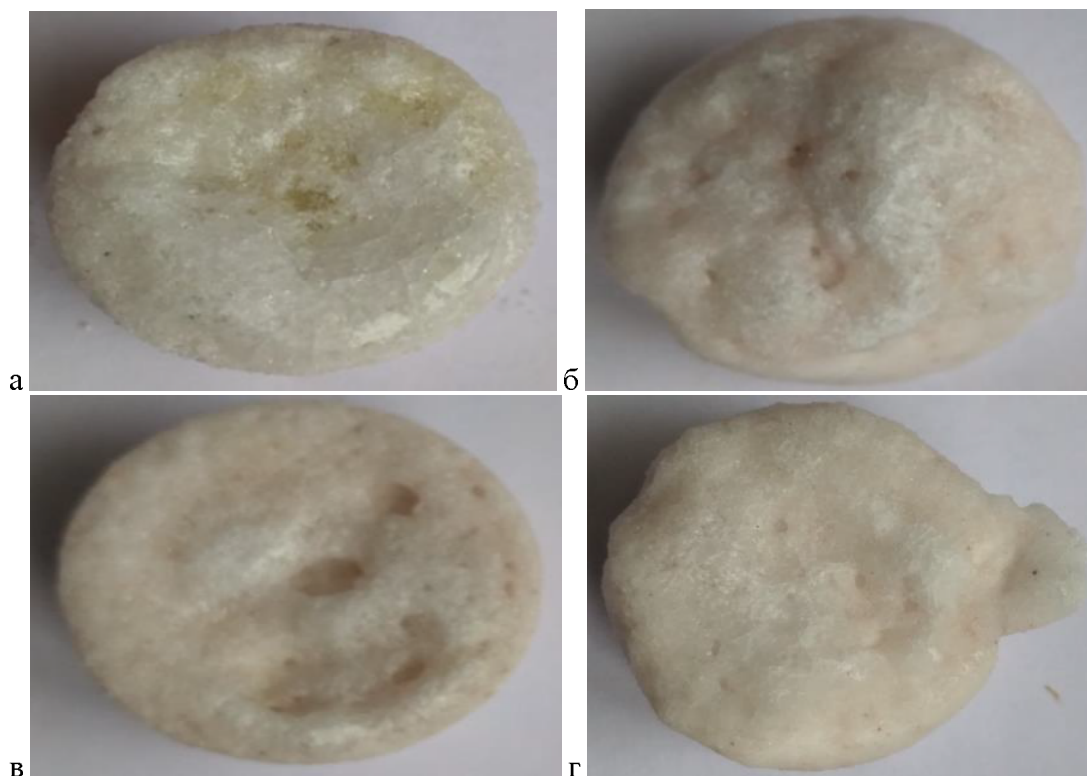


Рис. 5. Силикат-глыба:
 а – с 26 % Na_2O ; б – с 8 % Na_2O и 24 % K_2O ; в – с 19 % Na_2O и 8% K_2O ; г – с 31 % K_2O

Как известно, высокие температуры плазменной струи приводят к диссоциации и испарению оксидов [16]. При высоких температурах происходит инконгруэнтное испарение оксидов. Так, в работе [17] рассчитаны величины суммарного давления паров $\Sigma P(\text{SiO}_2)$ и парциальные давления монооксида кремния $P(\text{SiO})$ и молекулярного кислорода $P(\text{O}_2)$ (атм) над диоксидом кремния.

Результаты исследований представлены в таблице 1, по сравнению с исходным химическим составом при плазменном синтезе силикат-глыбы расплав обогащался оксидом кремния и обеднялся оксидами калия и натрия за счёт процесса испарения.

Таблица 1

Химический состав синтезированной силикат-глыбы до и после плазменного синтеза

№	Na ₂ O, %		K ₂ O, %		SiO ₂ , %	
	до	после	до	после	до	после
1	26,0	2,0	–	–	74,0	75,3
2	8,0	7,5	24,0	23,4	68,0	79,1
3	19,0	18,1	8,0	7,4	73,0	74,5
4	–	–	31,0	29,8	69,0	71,2

Традиционная технология получения силикат-глыбы предусматривает последовательные стадии образования силикатов, растворение тугоплавких компонентов, образование гетерогенного расплава и его гомогенизации. Синтез силикат-глыбы с использованием плазменной струи существенно отличается от данной технологии. На первой стадии происходит одновременное образование силикатов, растворение тугоплавких компонентов с образованием гетерогенного расплава, а на второй – гомогенизация расплава. Это сокращает время синтеза в 2,5–3 раза, уменьшает энергозатраты.

Проведённые исследования позволили установить закономерности плазменного синтеза силикат-глыбы с использованием плазменного нагрева.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корнеев В.И., Данилов В.В. Растворимое и жидкое стекло. СПб.: Стройиздат, 1996. 216 с.
2. Куатбаев К.К., Пужанов Г.Т. Строительные материалы на жидком стекле. Алма-Ата: Изд. Казахстан; 1968. 62 с.
3. Обзор рынка силикат-глыбы и жидкого стекла в СНГ [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: http://www.infomine.ru/files/catalog/176/file_176.pdf (дата обращения: 11.10.2017).
4. Виноградов Б.Н. Сырьевая база промышленности вяжущих веществ СССР. М.: Изд. Недра, 1971. 486 с.
5. Китайгородский И.И. Технология стекла. М.: Стройиздат, 1961. 564 с.
6. Пат. 2156222 Российская Федерация. МПКС 01В33/32. Способ получения «силикат-глыбы» / Дубинин Н.А., Дигонский С.В., Кравцов Е.Д., Тен В.В.; заявитель и патентообладатель ОАО МНПО «Полиметалл». – №

99104641/03, заявл. 04.03.1999, опубл. 20.09.2000. Бюл. № 26.

7. Пат. 2053970 Российская Федерация. МКИ С 03 С 6/02, С 03 В 1/02. Способ приготовления стекольной шихты / Везенцев А.И.; заявитель и патентообладатель Научно-производственное предприятие «Силиколл». – № 92014433/33, заявл. 23.12.1992; опубл. 10.02.96, Бюл. № 4.

8. Федосов С.В., Акулова М.В., Щепочкина Ю.А. Стекловидное покрытие для бетона // Строительные материалы. 2000. № 8. С. 28.

9. Федосов С.В., Акулова М.В., Щепочкина Ю.А., Подлозный Э.Д., Науменко Н.Н. Плазменное оплавление строительных композитов. М.: Изд. АСВ, Иваново: Изд. ИГАСУ, 2009. 228 с.

10. Пучка О.В., Вайсера С.С., Сергеев С.В. Плазмохимические методы получения покрытий на поверхности пеностекла // Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 3. С. 147–150.

11. Пучка О.В., Минько Н.И., Степанова М.Н. Разработка неорганических декоративно-защитных покрытий для теплоизоляционного пеностекла // Техника и технология силикатов. 2009. Т. 16. № 2. С. 9–10.

12. Бессмертный В.С., Минько Н.И., Дюмина П.С., Соколова О.Н., Бахмутская О.Н., Симачев А.В. Получение лицевого кирпича методом плазменной обработки с использованием сырья техногенных месторождений // Стекло и керамика. 2008. № 1. С. 17–19.

13. Бессмертный В.С., Бондаренко Н.И., Борисов И.Н., Бондаренко Д.О. Получение защитно-декоративных покрытий на стеновых строительных материалах методом плазменного оплавления. Белгород: Изд. БГТУ, 2014. 104 с.

14. Здоренко Н.М., Ильина И.А., Бондаренко Н.И., Гашенко Э.О., Бондаренко Д.О., Изюфатова

Д.И. Защитно-декоративные покрытия для стеновых строительных материалов автоклавного твердения // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 9. С. 81–82.

15. Бондаренко Д.О., Бондаренко Н.И., Бессмертный В.С., Изофатова Д.И., Дюмина П.С., Волошко Н.И. Энергосберегающая технология получения силикат-глыбы для производства

жидкого стекла // Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 10. С. 111–115.

16. Куликов И.С. Термодинамика оксидов: справочник. М.: Metallurgia, 1984, 324 с.

17. Куликов И.С. Термическая диссоциация соединений. М.: Metallurgia, 1966. 250 с.

Информация об авторах

Бондаренко Диана Олеговна, аспирант кафедры материаловедения и технологии материалов.

E-mail: di_bondarenko@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Бондаренко Надежда Ивановна, ассистент кафедры технологии стекла и керамики.

E-mail: bondarenko-71@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Бессмертный Василий Степанович, доктор технических наук, профессор кафедры технологии стекла и керамики.

E-mail: vbessmertnyi@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Купавцев Эдуард Леонидович, магистрант кафедры технологии стекла и керамики.

E-mail: kupavcev94@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Дюмина Полина Семёновна, кандидат технических наук, доцент кафедры товароведения непродовольственных товаров и таможенной экспертизы.

E-mail: kaf-top@buket.ru

Белгородский университет кооперации, экономики и права.

Россия, 308023, Белгород, ул. Садовая, д. 116а.

Макаров Алексей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии и оборудования в металлургии и машиностроении им. В.Б. Крахта.

E-mail: makarov.av@mail.ru

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) Национального исследовательского технологического университета «МИСиС».

Россия, 309516, Белгородская область, г. Старый Оскол, микрорайон им. Макаренко, д. 42.

Поступила в октябре 2017 г.

© Бондаренко Д.О., Бондаренко Н.И., Бессмертный В.С., Купавцев Э.Л., Дюмина П.С., Макаров А.В., 2017

Bondarenko D.O., Bondarenko N.I., Bessmertnyi V.S., Kupavtsev E.L., Dyumina P.S., Makarov A.V. **SYNTHESIS OF SILICATE-CLOUD USING PLASMA HEATING**

The traditional technology of obtaining silicate-clod is quite energy-intensive and long-lasting in time. The use of low-temperature plasma in various industries today is a promising direction. The paper presents the results of studies of the influence of the heat treatment temperature of the pelletized charge on its phase composition, as well as the synthesis of silicate-clod using a plasma jet. The carried out researches allowed to establish regularities of plasma synthesis of silicate-clods with the use of plasma heating.

Keywords: *synthesis, silicate-clod, plasma jet, plasma heating, charge.*

Information about the authors

Bondarenko Diana Olegovna, Postgraduate student.

E-mail: di_bondarenko@mail.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Bondarenko Nadezda Ivanovna, Assistant.

E-mail: bondarenko-71@mail.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Bessmertnyi Vasiliy Stepanovich, PhD, Professor.

E-mail: vbessmertnyi@mail.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Kupavtsev Eduard Leonidovich, Master student.

E-mail: kupavcev94@mail.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Dyumina Polina Semenovna, PhD, Assistant professor.

E-mail: kaf-top@bukep.ru

Belgorod University of Cooperation, Economics & Law.

Russia, 308023, Belgorod, st. Sadovaya, 116a.

Makarov Alexey Vladimirovich, PhD, Assistant professor.

E-mail: makarov.av@mail.ru

Belgorod University of Cooperation, Economics & Law.

Russia, 309516, Belgorod region, Stary Oskol, microdistrict named after Makarenko, 42.

Received in October 2017

© Bondarenko D.O., Bondarenko N.I., Bessmertnyi V.S., Kupavtsev E.L., Dyumina P.S., Makarov A.V., 2017