



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра водных биоресурсов, аквакультуры и гидрохимии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему Современное гидрохимическое состояние реки Невы

Исполнитель **Гущина Анастасия Сергеевна**
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель **старший преподаватель**
(ученая степень, ученое звание)

Позднякова Альбина Искандеровна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____

Скор
(подпись)

кандидат технических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Королькова Светлана Витальевна

«19» июля 2019 г.

Санкт-Петербург

2019



«

»

,

()

	(, ,)
	(, ,)
	(, ,)

«	»	
		()
		(, ,)
		(, ,)

«__»_____2019 .

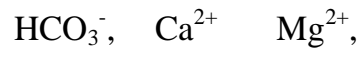
	.....	5
1	.....	8
1.1	.....	8
1.2	.....	11
1.3	.....	16
1.3.1	.....	18
1.4	.....	21
1.4.1	.....	21
1.4.1.1	..... (1946)	21
1.4.1.2	..... (1948)	22
1.4.1.3	..... (1955)	22
1.4.2	.....	23
1.5.1	.....	24
1.5.2	.....	24
1.5.3	.....	25
1.5.5	.....	28
1.5.6	.....	29
1.6	.....	31
1.6.1	.....	31
1.6.2	.....	31
1.6.2.1	.....	31
1.6.2.2	.....	32
1.6.2.3	.....	34
1.6.3	.....	34
1.6.3.1	.....	36
2	.....	39
2.1	.....	39

2.2	,	40
2.2.1	()	42
2.2.2		44
2.2.3	Ca ²⁺ Mg ²⁺	45
2.2.4		46
2.2.5		47
2.2.6		48
2.2.7.	.	51
2.2.8		54
2.2.9		55
2.3.		56
2.3.1	2017	56
2.3.1.1	()	56
2.3.1.2		57
2.3.1.3		58
2.3.1.4	-	60
2.3.1.5		61
2.3.1.6		62
2.3.1.7		64
2.3.2	2019	65
2.3.2.1		65
2.3.2.2	()	67
2.3.2.3.	(5)	68
2.3.2.4		70
2.4	.	71
3		74
3.1	.	74
1.2		81
		85

.....	87
.....	88
.....	88
.....	88
.....	88
.....	88
.....	88
.....	88
.....	88
.....	88
.....	88
.....	88

— 2017 2019 .

« »,



(),

: ,

, 5 .

- ,

- ,

,

:

1. ,

,

;

2.

;

3.

,

,

;

4.

;

5.

,

.

,

,

.

—

,

,

,

.

1

1.1

, 1/800

- 1 338 000 000 ³, 96,54%

35 000 000 ³.

- 68,7%

, ,

- ,

0,006 0,26

%

[1].

19179-73. ()

[2]. ,

1. 25° ($7 - 12^{\circ}$).
2. (pH), (pH < 7), (pH = 7), (pH > 7)
3. pH 6,5 8,5.
4. 20
5. (, , , ,).

6.

, , .
, .
.

7.

. /
.

- 1000 / .

8.

, .
- 0,3 / ,
,
, .

9.

(NH_4^+) (N_2), (NO_3^-)

, / ..

6) — , , ,
 , , ,
 (), .

·
 / —
 · — ,
 · ,
 , ,
 — ,
 , , —
 [1].

, , —
 , , —
 (1).

1.

1	2	3
N ₂ , O ₂ , CO ₂ , CH ₄	H ₂ S, H ₂ , He, Ar,	NH ₃ , SO ₂ , 1 .

(,).

,
().
, /
98%
N₂, P,
S, K, Ca
[1]:

1.

2.

, , , , , ,
 , .
 :
 • ;
 • ;
 • .
 ,
 , - .
 , , , ,
 - . ,
 . / ,
 , ,
 , 4 ,
 . <10 / ,
 .
 , , ,
 ,
 , , , , , -

[1].

5

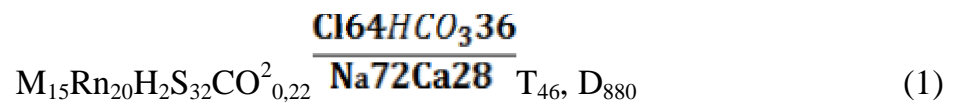
(2).

2.

1	2	3	4	5
		-		
Li ⁺ , Rb ⁺ , Cs ⁺ , 2+, Sr ²⁺ , +	Cu ²⁺ , Ag ⁺ , Au ⁺ , Pb ²⁺ , Fe ²⁺ , Ni ²⁺ , Co ²⁺	r, n	r ⁻ , I, F ⁻ , 3-	²³⁸ U, ²³⁶ Ra, ⁸⁷ Rb, ²²⁰ Rn ²³² Th, ⁴⁰ K, ²¹⁰ Po

),

(1):



,
 . , <10 %
 . ,
 « » ,
 /
 / .
 3/ 3/ .

1.3

- , , ,
 , -
 ,
 , ,
 [1].
 ,
 ,
 .
 ,
 .
 ,
 , ,
 .
 ,
 ,

[1]:

1. - , , , ;
2. , , ;
3. - - ;
4. , ;
5. , ;

(1 - 4)

1.3.1

[1].

[1].

, Eh

[1]:

•

/ ;

•

(

);

•

;

•

;

- Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ , Ca^{2+}

8 – 10%

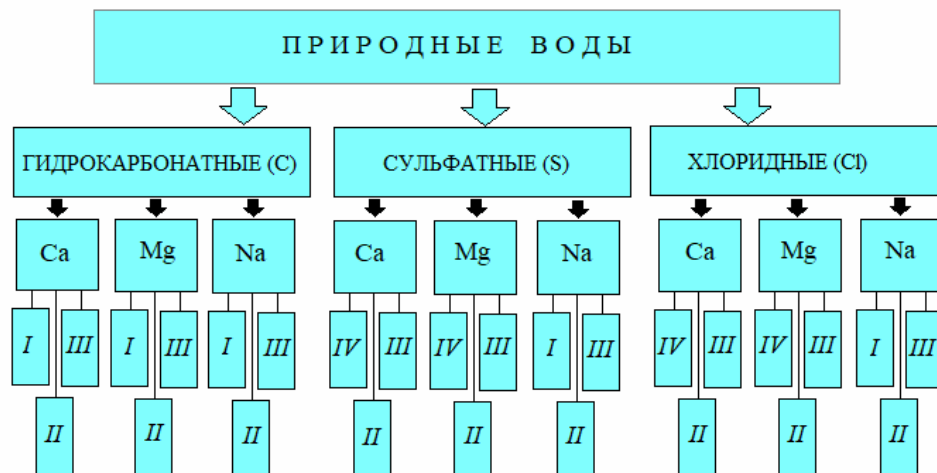
1.4

1.4.1

1.4.1.1 (1946)

(%)

[3].



1.

..

[3]

1.4.1.2

.. (1948 .)

.. ,

-

$$\frac{(rNa^+ - rCl^-)/rSO_4^{2-}}{(rCl^- - rNa^+)/rMg^{2+}}, \quad \%$$

«r»

[1].

[1].

1.4.1.3

..

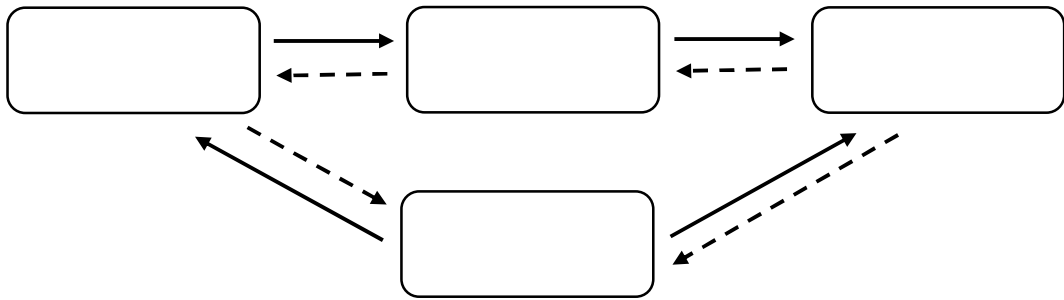
(1955 .)

...

[1].

[1].

(. 1).



1.

...

1.4.2

· - 1 / ,
· [1].

, ·

1.5

1.5.1

· ·

· ·

[3]:

1.

, -

,

;

2.

;

3.

;

4.

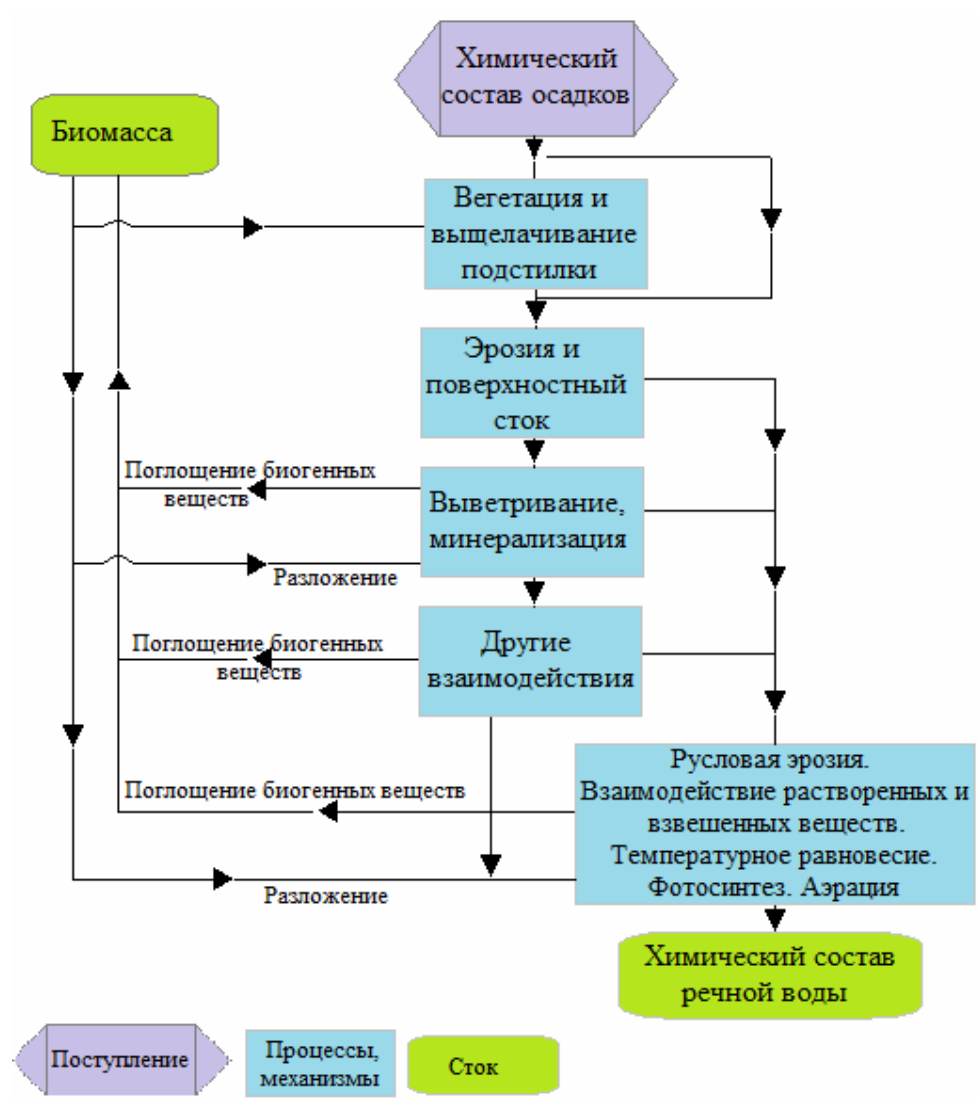
;

5.

·

1.5.2

2.



2.

1.5.3

[3].

HCO_3^- [3].

[3].

1.5.5

KNO_3

),

0,1 N/ ,

(NH_4 , NO_3 ,

(-) [3].
, ,
(0,01 N/),

, . . .

[3].

. ,
/ .

.
/ 10 / , 20 / [3].

0,1 Fe/

Fe/ ,

1.5.6

O₂ CO₂.

12 2/ .

[3].

- 10 - 20 2/ .

1 5 2/ ,

[3].

(pH)

6,5 - 8,5

8,2.

pH

6,8 7,4,

7,4

pH

[3].

1.6 -

1.6.1 .

.

.

,

281 . ²,

74 .

-

(

-

,

,

,

),

.

5,18 . ²,

[4].

-

-

,

,

.

,

-

,

1439

².

,

718 ²(50%)

[4].

1.6.2 .

1.6.2.1

:

- ,
.
,
- [4].
4 .
80 ², 25 %
,

[4].

[4].

1.6.2.2

, - ,
.
,
[4].
3,5 ,
,
,
.

- , , ,
[4].

2,5 ,

25° -30° . ,

[4].

14 – 17° ,

[4].

» , - «

+10°

[4].

-8°

-11°

·
- ,
·

17° ,

[4].

1.6.2.3

,
,

,
·
·
· ,
,

-

,
·

,
·

,

[4].

1.6.3

1,6 / 2.

- 0,5% [4].

3

0,7

- 30%,

[4].



3. -

, ,

[4]:

• , : . , . , .

, . ;

• , ,

, ,

, ;

• , - ,

, ;

• ,

- ;

• , -

.

, .

1.6.3.1

-

,

.

,

,

.

,

- , ()
 (). ,
 , 74
 ,
 45 [4].
 ,
 .
 ,
 ,
 ,
 [4].
 400 600
 .
 (1250). 8 - 11 ,
 - 24 [4].
 ,
 ,
 165 [4].
 ,
 400 ,
 . - ,
 . - 7,9 , 50 - 150 ,
 3,4 8,3 .
 ,
 .
 - , 4,9
 .
 2,6 , (230)

(3,5 8).

[4].

(800)

2,6 .

— ,

. -

—

[4].

, ,

. ,

,

.

.

,

- 6,2 ,

8 - 12 ,

- 400 .

.

,

.

.

,

.

:

,

,

,

[4].

2

2.1

(.4). : 59°57'11,0'' N
30°21'16,9'' E.

5

5.

06.11.17	17:30	+6	761	,3 /
20.11.17	19:00	+2	755	,1 /
27.11.17	18:30	+1	762	,3 /
24.04.19	8:40	+15	771	,7 /



4.

(

)

2.2

- .

,

.

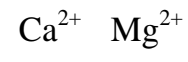
[1].

,

:

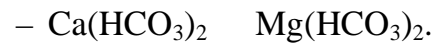
2 2 [1].

2 3,

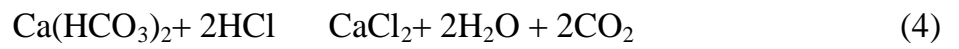
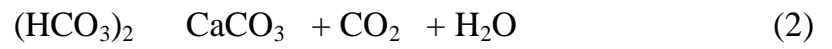


2.2.1

()



« » [1]:



HCl

(250),

25 .

(N = 0,1),

[5]:

(5)

: - (/
Ca²⁺ Mg²⁺);

V - HCl, ;

- ;

V - ().

2.2.2

Ca²⁺ Mg²⁺,

()

2 .

: (250) - 2

, 100 , 100 - 2 , 5

, , 10 , , .

: (0,05 N),

[5]:

(6)

: -
/);

(-

$V_1 -$ ();

$V_2 -$,
();

$2 -$.

2.2.3

Ca^{2+} Mg^{2+}

Ca^{2+} Mg^{2+}

.
,
1 ,

, 30 .

2 ,
 $2+$.

$2+$

, pH
 : 250 - 2
 , 100 , 100 - 2 , 5
 , , 10 , ,
 : (N = 0,05), NaOH (N =
 0,02), , .

:

$$N(Ca^{2+}) = \frac{V_1 \cdot C_1 \cdot 1000}{V_2} \quad (7)$$

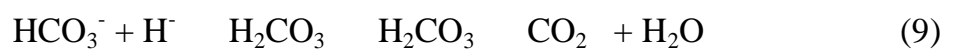
:V₁ - , ;
 V₁ - ;
 V₂ - , .

:

$$N[Mg^{2+}] = K_0 - N(Ca^{2+}) \quad (/) \quad (8)$$

2.2.4

- ,
 , H₂O CO₂ ,
 [1].



- ,
 .
 ,
 . 10
 ,
 .
 : 250 ,
 , 25 , , .
 : ,
 , HCl, Na₂B₄O₇•10H₂O.

[6]:
 (10)

: -
 (- /),
 1- ;
 V_{HCl} - , ;
 C - ;
 V - , ;
 V - .

2.2.5

,
 - - .
 () 30 ,
 = 540

, Y

[7].

: (6),
 (2), 5 (2) 10 , ,
 30 (6), ,

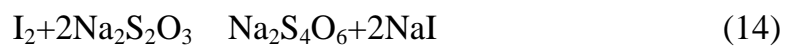
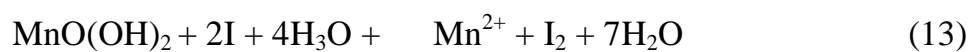
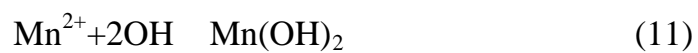
: ,
 ,
 , H₃NO, 2,2- ,
 NH₃.

2.2.6

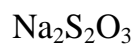
(II)
 (IV).

(IV)

[1].



1



), 5 (4) 50 , 25 , , (2) , 1 , , : 250 (2

H_2SO_4 (1:4), MnCl_2 , KI ,
 (0,5%), $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (N = 0,02),

5

[8]:

$$X = \frac{M \cdot C_m \cdot V_m \cdot V \cdot 1000}{V_2 \cdot (V - V_1)} \quad (15)$$

: -
 (/ ³);

V_m - $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$;

V_m - $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, ();

V - ();

V_1 -

MnCl_2 KI ;

V_2 - ,

;

- (8 /).

6.

5.

	, /		5, /

	9	14 – 13	0,5 – 1,0
	8	12 – 11	1,1 – 1,9
	7 – 6	10 – 9	2,0 – 2,9
	5 – 4	5 – 4	3,0 – 3,9
	3 – 2	5 – 1 – 0	4,0 – 10
	0	0	>10



5. ,

2.2.7. .

,

,

KMnO₄

10

KMnO₄(. 6).

C₂H₂O₄

KMnO₄

), 100 , 5 10 (2),
 (2), 25 , ,

C₂H₂O₄,

H₂SO₄ (1:3),

KMnO₄,

[9]:

$$X = \frac{(V_1 - V_2) \cdot K \cdot C \cdot 8 \cdot 5 \cdot 1000 \cdot K_p}{V}$$

(16)

: V₁, V₂ -

KMnO₄;

Kp – ;

V – , ();

8 – ;

5 – .

,

7.

7.

()	, 2/
	5
	10
	20
	30
	40
	>40



[10]:

$$X = \frac{M \cdot C_m \cdot V_m \cdot V \cdot 1000}{50 \cdot (V - V_1)}$$

(17)

: M – (8 /);

C_m – (/ ³);

V_m – ,

();

V – (³);

V₁ – MnCl₂ KI

().

/ ³

[10]:

$$\text{БПК}_5 = X_H - X_K \quad (18)$$

: –

(/ ³);

-

(/ ³);

2.2.9

(III),

·
,
—
·
5 500 ,
·
—
,
436 .

[11].

: -5400 ,
, 50 , ,
250 , 100 .
:
, .

2.3.

2.3.1 2017

2.3.1.1 ()

6 2017 , 8.

8.

HCl

	V	V (HCl),	V(HCl)
1	100	3,1	2,6
2	100	2,3	
3	100	2,4	

HCl,

:

(19)

:

2,6 - /

(20)

(2 - 3 - /).

2 -

6 - / ,

-

(

10 - /).

2.3.1.2

,

6

2017,

,

9.

9.

	V	V	N	V
1	100	5,0	0,02	4,6
2	100	4,2		

1 2
:
(21)

2017

0,92 - / :

0,92 - / (22)

2.1.4.1074-01

, 7,0 - / [12].

(0,92 < 2 °).

2.3.1.3

6.11.2017

10.

10.

Ca²⁺ Mg²⁺.

	V ,	V ,	N ,	V ,
			/	
1	100	1,2	0,02	1,2
2	100	1,2		

2017 :

$$N(Ca^{2+}) = \frac{V_1 \cdot C_1 \cdot 1000}{V_2} = \frac{1,2 \text{ мл} \cdot 0,02 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} \cdot 1000}{100 \text{ мл}} = 0,24 \text{ мг} \frac{\text{ЭКВ}}{\text{Л}} \quad (23)$$

2+

:

$$0,92 - / - 0,24 - / =$$

$$= 0,68 - / \quad (24)$$

Ca²⁺ Mg²⁺
(<1,5 - /).

2.1.4.1074-01

[12].

2.3.1.4

-

(20.11.2017)

11.

11.

2017

V	N()	V()	N(HCl)	V(HCl)	HCO ₃ ⁻
	- /		/		/
100	0,05	0,6	0,05	1,7	0,55

,

-

2017

:

=

$$= 0,55 \text{ HCO}_3/$$

(25)

2.1.4.1074 -01,

0,3 HCO₃/ [12].

0,55 HCO₃/

,

,

2.3.1.5

20.11.2017

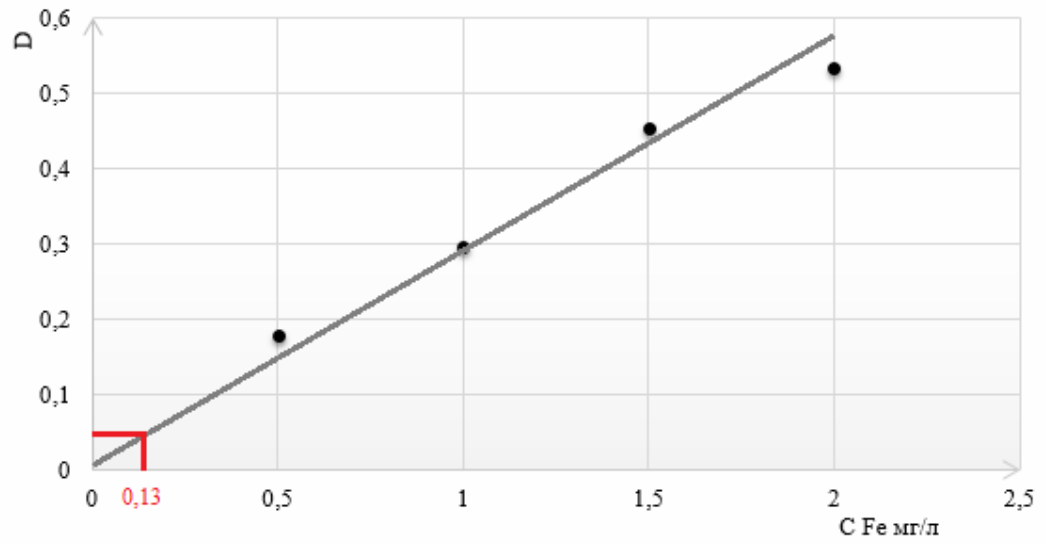
12.

12.

	V,	Fe, /	D	K	K
1	2,5	0,5	0,178	2,81	3,31
2	5,0	1,0	0,297	3,37	
3	7,5	1,5	0,455	3,30	
4	10,0	2,0	0,534	3,75	
5 ()		0,17	0,038	3,42	

(7)

Калибровочный график оптических плотностей стандартных растворов



7.

:

(26)

2.1.4.1074 -01,

0,3 / [12].

0,13 Fe / ,

2.3.1.6

27

2017

13.

13.

V	V-2,	N(/)	V	O ₂ , (/)
122,34	120,34	0,02	9,4	8,74

2017 8,74 / :

$$X = \frac{M \cdot C_m \cdot V_m \cdot V \cdot 1000}{V_2 \cdot (V - V_1)} = \frac{8 \cdot V_m \cdot 0,02 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} \cdot 1000}{(V - V_1) \cdot 1,429 - 8,74 \frac{\text{МЛ}}{\text{Л}}} = \frac{111,9 \cdot V_m}{V - V_1} = \frac{111,9 \cdot 9}{122,34 \text{ мл}} \quad (27)$$

1,429 -

1

(t = 0 °C,

760

. . .)

0 15 / .

O₂

2 /

6 / ,

2(8,74 /)

[13].

(9 – 10 /).

2.3.1.7

(27.11.2017)

14.

14.

2017

	V ,	V() ,	V _{NC}) , /	, 2/
1	100	5,2	0,02	28,71
2	100	1,6		

2017 :

$$X = \frac{(V_1 - V_2) \cdot C \cdot K \cdot 8 \cdot 5 \cdot 1000}{V} = \frac{(5,2 \text{ мл} - 1,6 \text{ мл}) \cdot 0,02 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} \cdot 0,997 \cdot 8 \cdot 5 \cdot 1000}{100}$$

$$= 28,71 \text{ г/л} \quad (28)$$

2.1.4.1074-01

, , 5 г/л [12].

,

.

(

– 20 30 г/л).

2.3.2 2019

2.3.2.1

24 2019

, 7 г/л,

(5 – 7,9 г/л).

15.

15.

2019 .

	V	N(/)	V	2,	O ₂ ,
				/	(/)
1	292,88	0,02	4,5	14,49	13,53
2	295,89		3,9	12,56	

,
:

(29)

:

(30)

2

:

(31)

(2 6 /).

，
 (
 >9 /).

2.3.2.2 ()

2019 16.

5 .

16.

， 2019

		V ,	V ₍) ,	V _{N(}) , /	, 2/
1		100	0,3	0,002	51,84
2		20	2,9		

:

$$= 51,84 \quad 2/ \quad (32)$$

2/ , 5 2/ , 2.1.4.1074-01 51,84 -
 ,
 ,
 (> 40 2/).

2.3.2.3. (5)

, 24.04.2019
 5

17.

17.

5

2019 .

	-	V ,	V ,	V _N () , /	2, /	5, /
1		301,91	3,3	0,02	10,70	2,59
2		301,91	2,6		8,43	
3		302,91	2,4		7,78	

(

1) (2, 3):

(33)

(34)

(35)

5

:

(36)

2019 :

(37)

2.1.5.980-00. 2.1.5.

5

-

2 2/ ,

17.1.5.02 -80

5

4 2/ [14], [15].

2,1

/ .

5 (2,59 2/)

. - ,

. ,

(5

2 - 2,9 2/).

2.3.2.4

. 18.

18. .

.

	,	,		,
1			0,092	
2	436	50	0,093	66

, ,

20 ,

3 ,

- .

«

»,

2012 – 2017

3-

2014, 2015 2017

«

»,

4 -

« » « ».

0,025

2013, 2015 2016

« ».

2017

« ».

161 (1) - 0,5

, 161 (3) -

(161 (6))

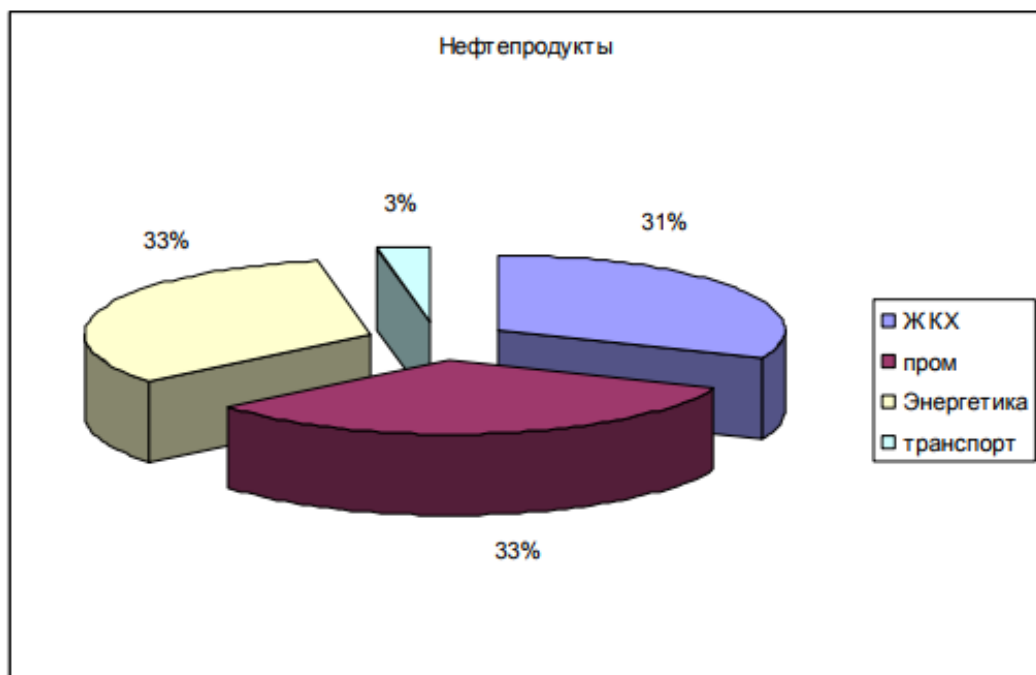
6

« ».

250

8

[17].



8.

[17]

« »

3

3.1

19 20

19.

	0,92	- /	7,0	2.1.4.1074-01
-	0,55	/	0,3	2.1.4.1074-01
	0,13	/	0,3	2.1.4.1074-01
			0,1	13.12.2016 N 552 (. 12.10.2018)
	8,74	/	>6,0	13.12.2016 N 552 (. 12.10.2018)
			>4	17.1.5.02-80, 2.1.5.980-00. 2.1.5.
	28,71	/	5,0	2.1.4.1074-01

			15,0	2.1.5.980-
			30,0	00. 2.1.5.

20.

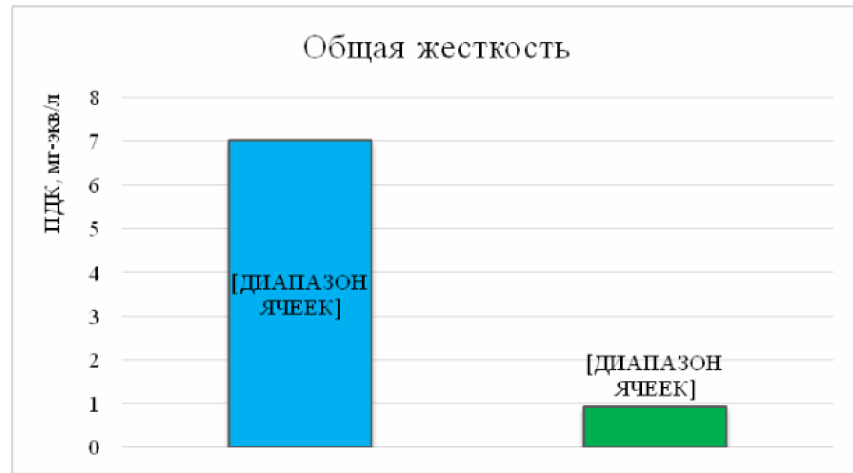
	13,53	/	>6,0	13.12.2016 N 552 (. 12.10.2018)
			>4	17.1.5.02-80, 2.1.5.980- 00. 2.1.5.
	51,84	/	5,0	2.1.4.1074- 01
			15,0	2.1.5.980-
			30,0	00. 2.1.5.
			2,0	2.1.5.980- 00. 2.1.5.
5	2,59	/	2,1	13.12.2016 N 552 (. 12.10.2018)
			4,0	17.1.5.02-80
	66		20	2.1.4.1074- 01
			5	2.1.4.1116- 02

:

Ca²⁺ Mg²⁺

2.1.4.1074-01

9.

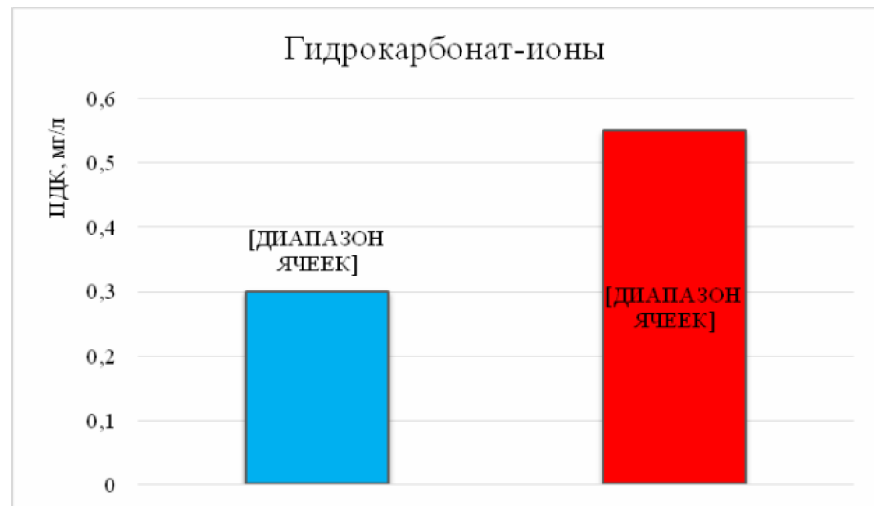


9.

2.1.4.1074-01

• ,

(0,55 > 0,3 /) (. 10).

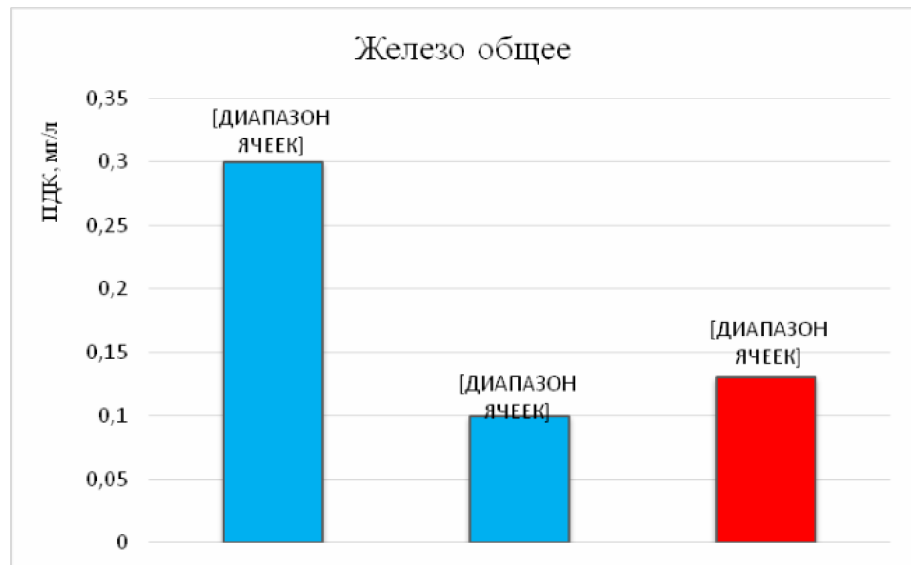


10.

2.1.4.1074-01

2.1.4.1074-01

(0,13 > 0,1 Fe/) (. 11).

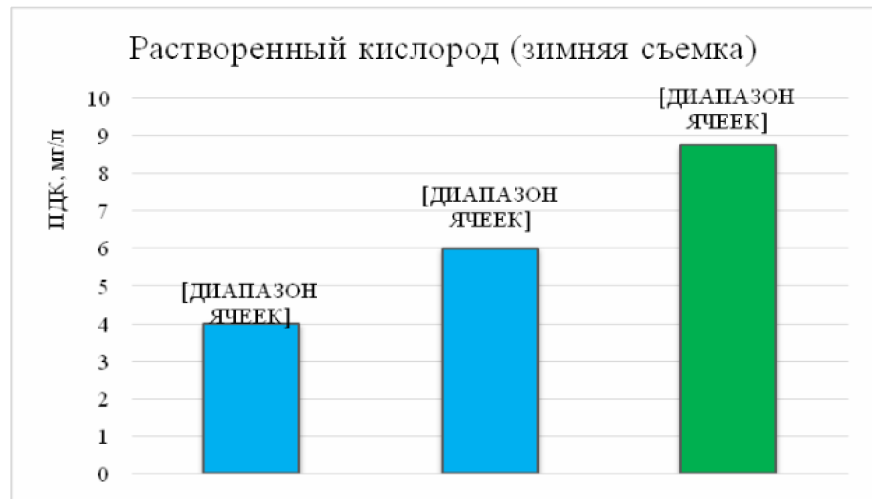


11.

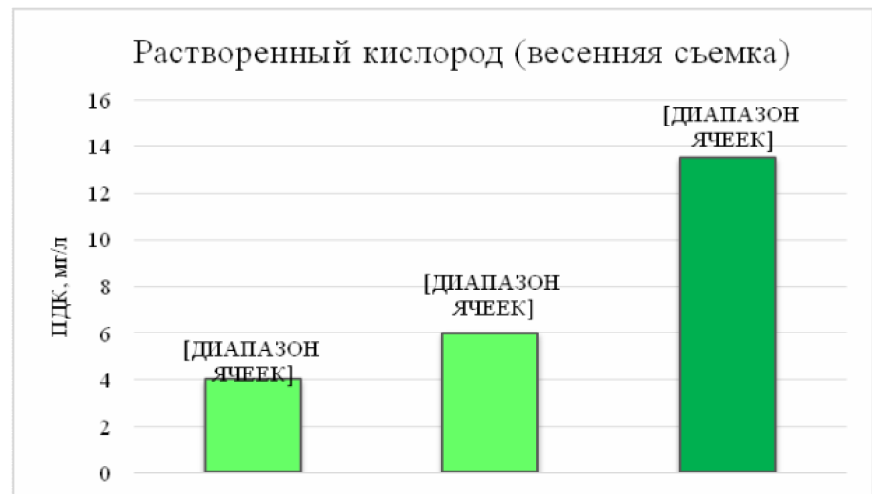
2017
2019

6.

17.1.5.02-80



12.



13.

•

2017 ,

2019

(7).

(28,71 2/)

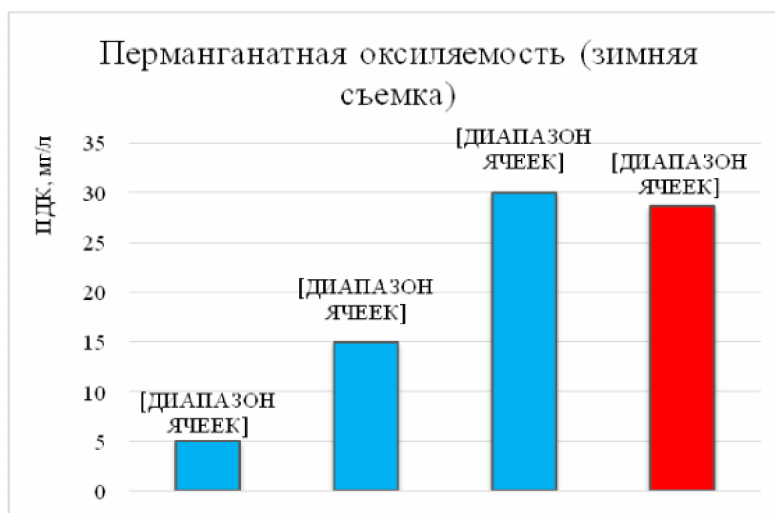
- (5 15 2/)

),

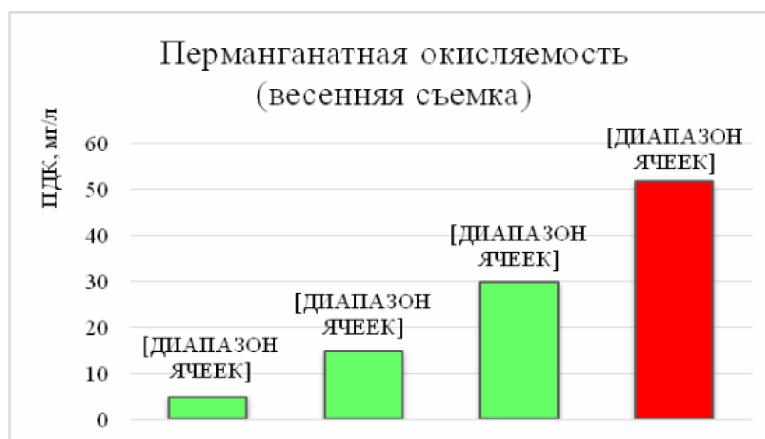
(30 2/) (. 14).

(51,84 2/)

(. 15).



14.



15.

•

$5(2,59 \quad 2/)$

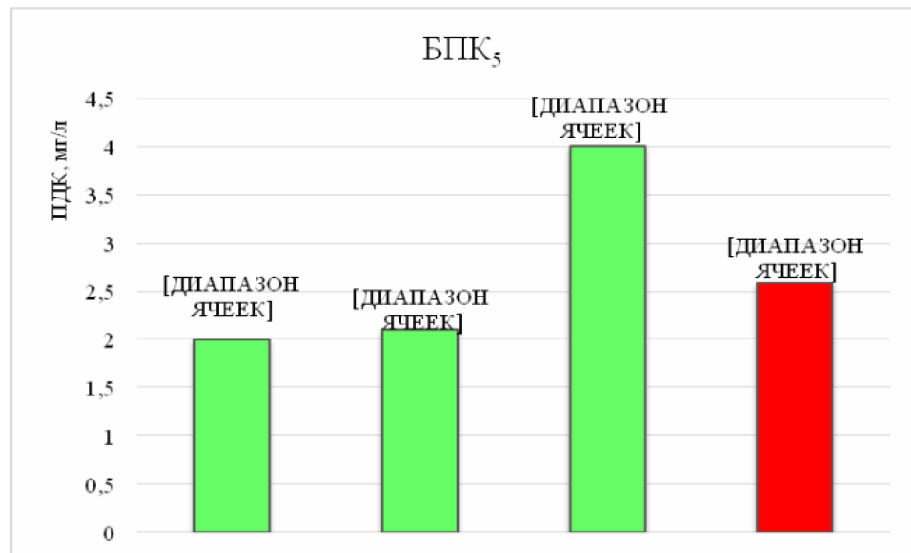
2.1.5.980-00

($2,0 \quad 2/$). 5

($= 2,1 \quad 2/$).

5

(6).



16.

$5,$

,

•

(66°)

)

2.1.4.1116-02

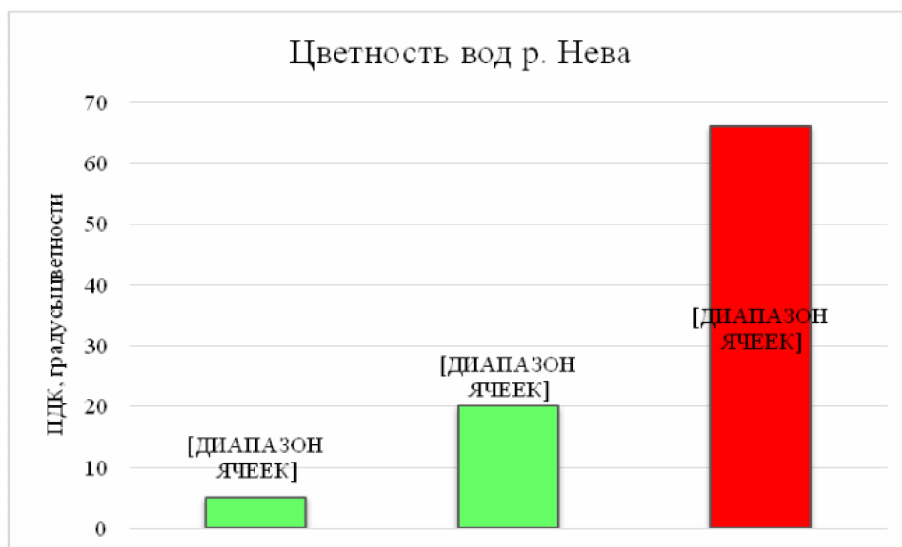
2.1.4.1074-01

(5°)

,

20°

) ($. 17$),



17.

1.2

- . .
:

$$\text{КВЭ(иона)} = \frac{\text{кол-во вещ-ва} * 100}{\Sigma \text{ИОНОВ}}$$

(38)

$$\approx Ca^{2+} + Mg^{2+} + HCO_3^- + CO_3^{2-} = 0,24 + 0,68 + 0,55 + 2,6 = 4,07 \quad / \quad (39)$$

$$(Ca^{2+}) = \frac{0,24 * 100}{4,07} = 5,90 \frac{\text{мЭКВ}}{\text{л}} \quad (40)$$

$$(Mg^{2+}) = \frac{0,68 * 100}{4,07} = 16,71 \frac{\text{мЭКВ}}{\text{л}} \quad (41)$$

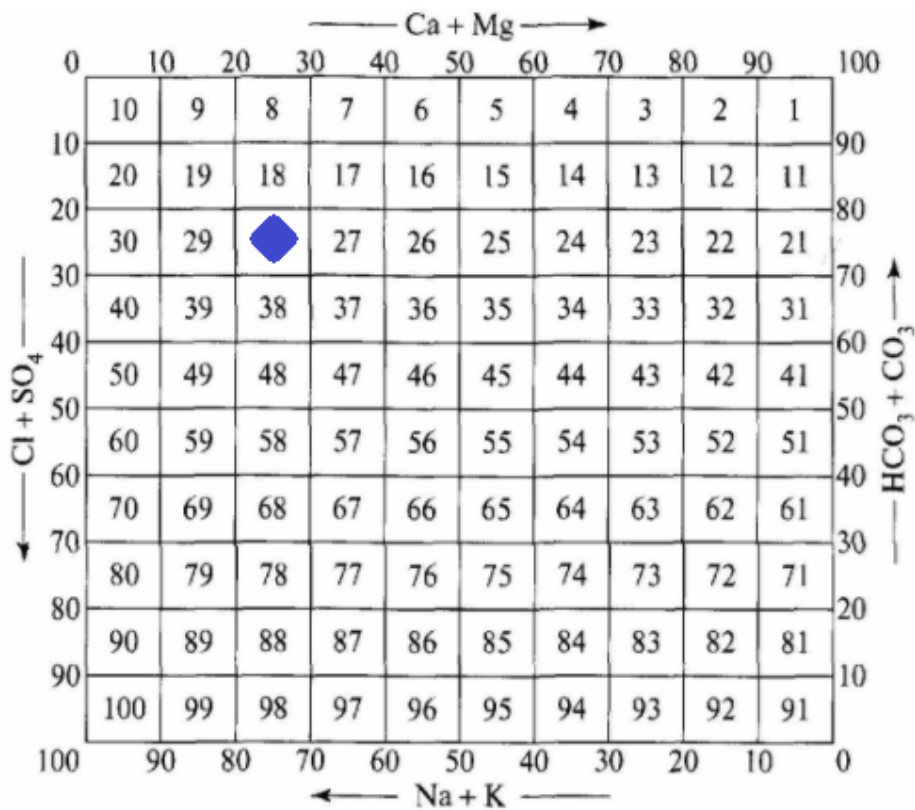
$$(HCO_3^-) = \frac{0,55 * 100}{4,07} = 13,51 \frac{\text{мЭКВ}}{\text{л}} \quad (42)$$

$$(CO_3^{2-}) = \frac{2,6 * 100}{4,07} = 63,88 \frac{\text{мЭКВ}}{\text{л}} \quad (43)$$

:

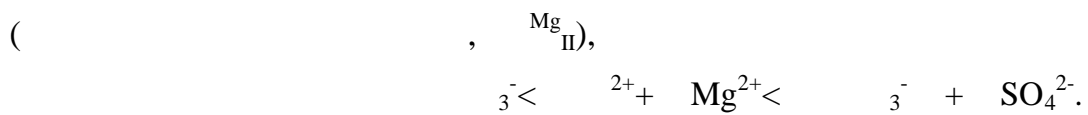
$$(Ca^{2+} + Mg^{2+}) = 5,90 + 16,71 = 22,61 \quad / \quad (44)$$

$$(HCO_3^- + CO_3^{2-}) = 13,51 + 63,88 = 77,39 \quad / \quad (45)$$



18.

II



...
- ,
(2).

2.1.4.1074-01.

(0,92 - /)

Fe/ ,

0,13

2.1.4.1074 -01,

(0,1 Fe/).

- (0,55 > 0,3 HCO₃⁻).

(28,71 2/),

(51,84

2/)

(2,59 2/),

(= 2,0 2/)

(= 2,0 2/),

(= 4,0 2/ ,

17.1.5.02-8).

66 ° ,

2.1.4.1074 -01

20 °

,

2.1.4.1116-02,

5 ° .

II

(, Mg_{II})

... ..

,

.

... ,

- ,

(2).

.

- ...

30

,

3,44 / .

... .

,

... .

.

,

« »

. ,

-

,

,

, , ,
.

