



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра экологии и биоресурсов

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

На тему Приливная ГЭС для решения  
энергетических и экологических проблем  
Кольского полуострова

Исполнитель Котенко Наталья Михайловна  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель доктор технических наук, профессор  
(ученая степень, ученое звание)

Дмитриев Алексей Леонидович  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

К.Г.Н., ДОЦЕНТ

Дроздов Владимир Владимирович

(фамилия, имя, отчество)

«07» 06 2019г.

Санкт-Петербург  
2019



«

»

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

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

«	»	
		( )
		“ ”
		( , , )
		( , , )

«\_\_»\_\_\_\_\_2019 .

—

	.....	4
1	.....	9
2	, .....	13
2.1	.....	13
2.2	.....	18
2.2.1	.....	26
2.2.2	.....	27
2.2.3	.....	27
3	.....	30
3.1	- .....	30
3.2	.....	33
3.2.1	.....	34
3.2.2	( ) .....	38
3.2.3	.....	41
4.	.....	45
4.1	.....	46
4.2	, .....	50
4.3	.....	51
5	.....	54
	.....	68
	.....	72







«

» —

( ) ,

2050

2018 . 2050  
83% .

\$300

75%

2040 .

( ) ,

1.1

:

.

,

,

.

:

-

,

( ,

,

,

),

.

-

« »,

.

,

.

,

,

.

,

,

,

,

,

.

,

.

-

.

-

.



:

—

,

—

,

—

—

,

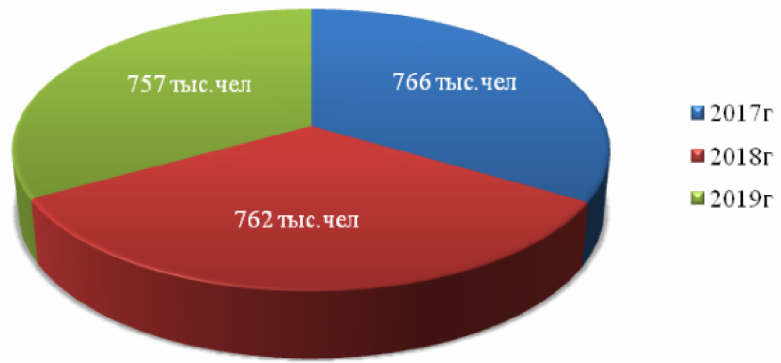
—

.



1.1 –

·  
,  
·  
- ,  
( . 1.1).  
·  
- . 100<sup>2</sup>.  
(01.01.2019 ) – 748 . ( . 1.2) [12].



1.2 – , . [12]

[13].



1000 .

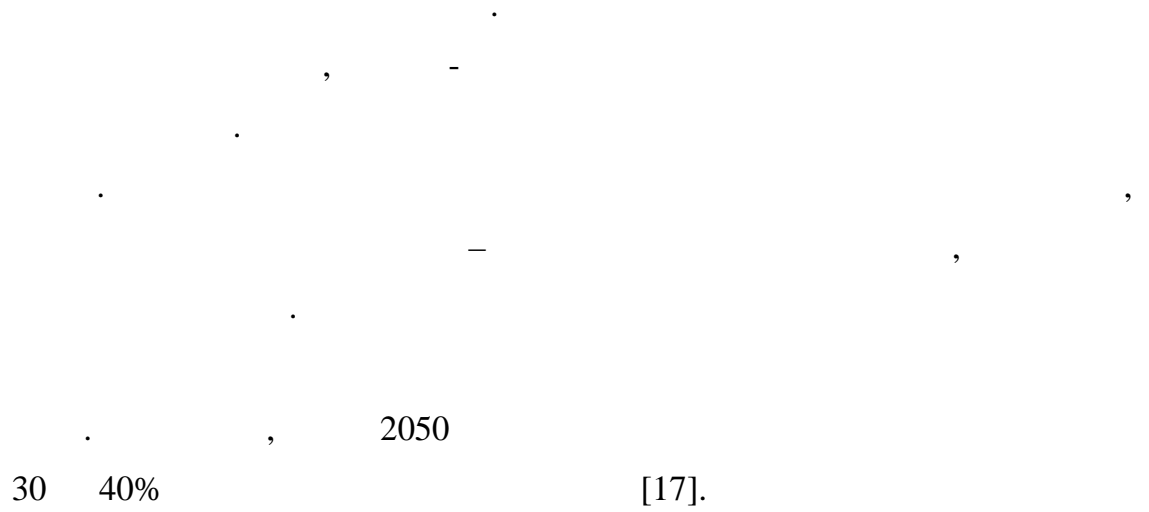
. [12].

2 ,

2.1

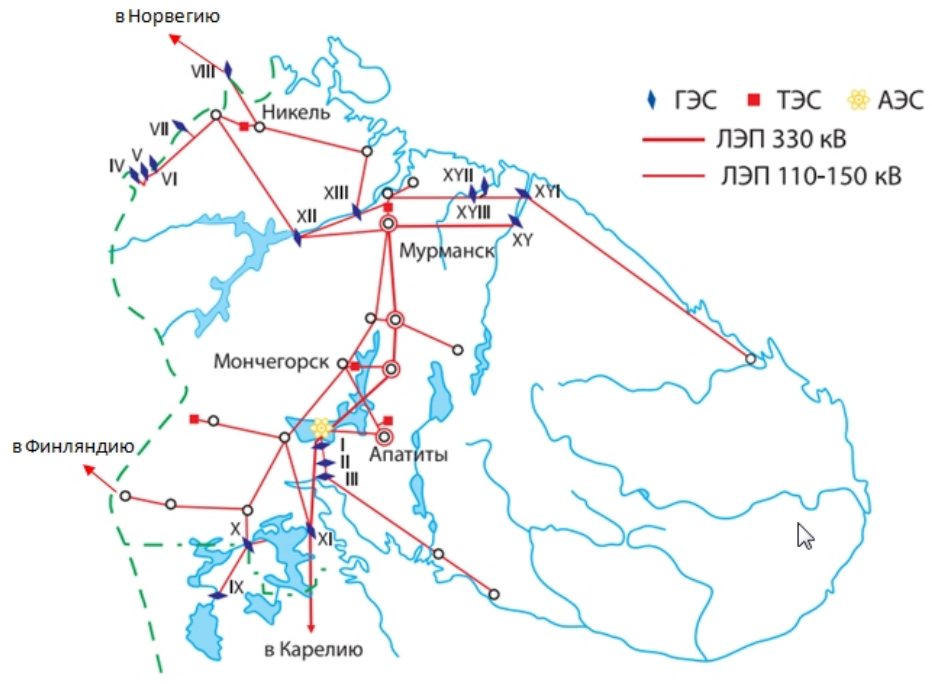


—  
50%  
[16].



—

: 17  
 « - 1» ( .2.1), 2  
 « -1»  
 (.2.2). « -  
 ( ) ( . 2.1),  
 ( )  
 ( ) [9].



2.1 –

[9]

[10].

2.1 –

[9]

Название ГЭС	Река	Установленная мощность ГЭС, МВт	Количество турбин	Расчетный напор, м	Расчетный расход, м <sup>3</sup> /с	Вид регулирования	Среднегодовая выработка энергии, млн кВт·ч
Нива-1	Нива	26.0	2	11.5	276	Многолетнее	129
Нива-2	То же	60.0	4	36.0	200	Недельное	410
Нива-3	»	155.5	4	74.0	250	Суточное	850
Кайтаоски	Паз	11.2	2	7.0	180	Многолетнее	70
Янискоски	То же	30.5	2	21.5	166	Суточное	210
Раякоски	»	43.2	3	20.5	255	То же	220
Хевоскоски	»	47.0	2	16.8	325	»	213
Борисоглебская	»	56.0	2	19.3	348	»	275
Кумская	Кума	80.0	2	32.0	350	Многолетнее	346
Иовская	Иова	96.0	2	36.0	350	Сезонное	536
Князегубская	Ковда	152.0	4	34.0	460	То же	706
Верхне-Тулумская	Тулума	268.0	4	58.5	480	Многолетнее	800
Нижне-Тулумская	То же	57.2	4	17.5	360	Суточное	250
Серебрянская-1	Воронья	204.9	3	75.0	303	Многолетнее	550
Серебрянская-2	То же	150.0	3	62.5	276	Сезонное	519
Верхне-Териберская	Териберка	130.0	1	111.0	133	То же	236
Нижне-Териберская	То же	26.5	1	21.4	139	»	54
Итого:	–	1594	–	–	–	–	6374

2.2 –

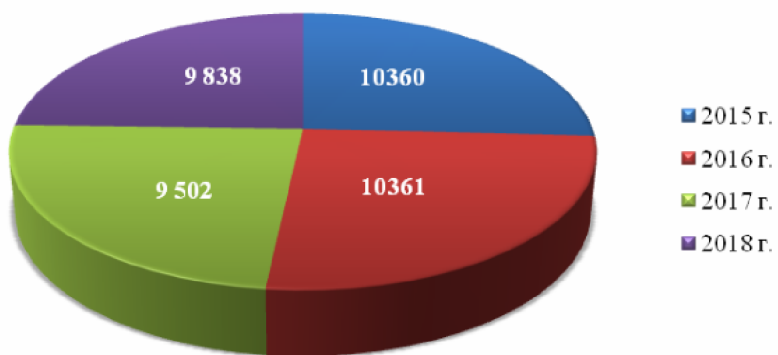
«                      »                      «                      – 1», 2018                      [10]

	1959	230	535	439
	1954	569	-	3063



2.2

	1955	187	-	1130
	2014	837	-	2 605,4
	1934	12	1130	17



2.2 –

, [19]

,

, .

1,5 ,

2

40 . /

50–65 . / .

2014

2.3.

2.3 –

2014

[13]

Населенный пункт	Показатель											
	Установленная мощность	Количество энергоустановок	Годовая выработка	Использование установленной мощности	Обслуживающий персонал	Годовой расход топлива	Фактический удельный расход топлива	Эксплуатационные расходы				Всего
								в том числе				
								топливо	зарплата	амортизация	прочие	
кВт	шт.	тыс. кВт-ч	час	чел.	т	г/кВт-ч	%				тыс. руб.	
Варзуга, Кузомень, Кашкаранцы	535	6	1801	3366	19	716	398	87	9	1,9	2,1	11588
Чаваньга, Тетрино	310	4	297	958	6	101	341	71,1	15,3	4,1	9,5	1844
Чапома	540	6	440	815	4	141	320	90	9,1	-	0,9	1868

2.3

2014

6–8

17

2-3.

– 320–400 / . .  
– 14–18 / . .

[13].

2.2

[11].

96 %

3,5 20 .  
( .2.3), ( .2.4), ( .2.5),  
( .2.6), ( .2.7).

2010  
2016  
800  
: «  
».  
( )  
60 . .

[21].

« »  
4 . «  
» -  
[23].  
« »  
- , , :  
«  
» [23].



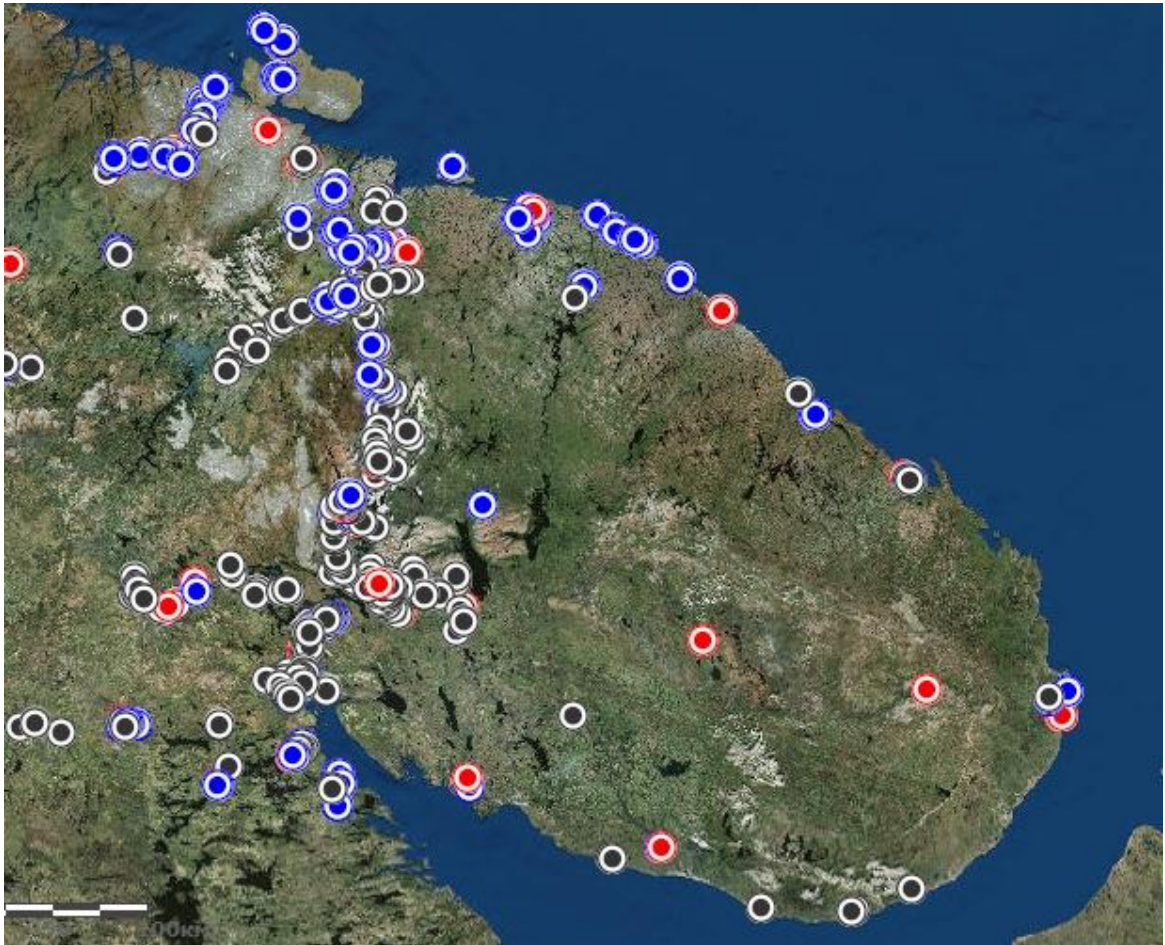
2.3 -

[21]

( )

250

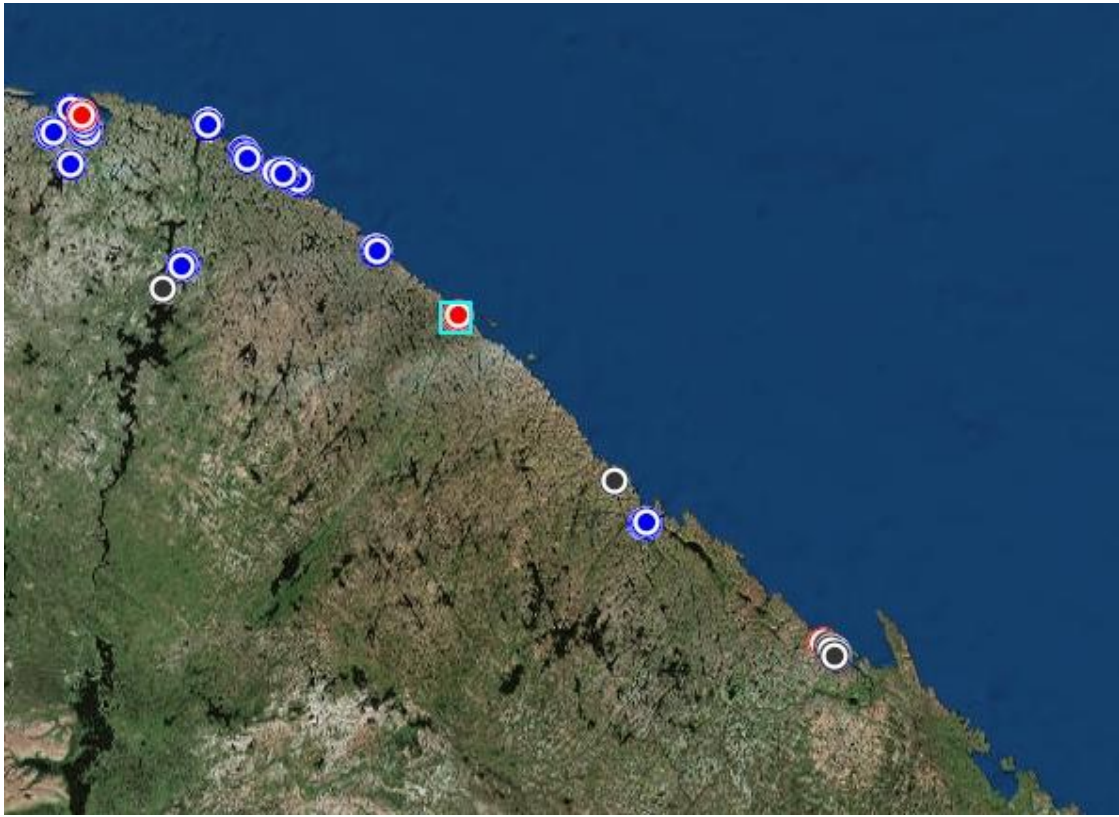
[22].



- – Несанкционированные свалки
- – Зброшенныя здания и сооружения
- – Загрязнённая территория

2.4 –

[20]

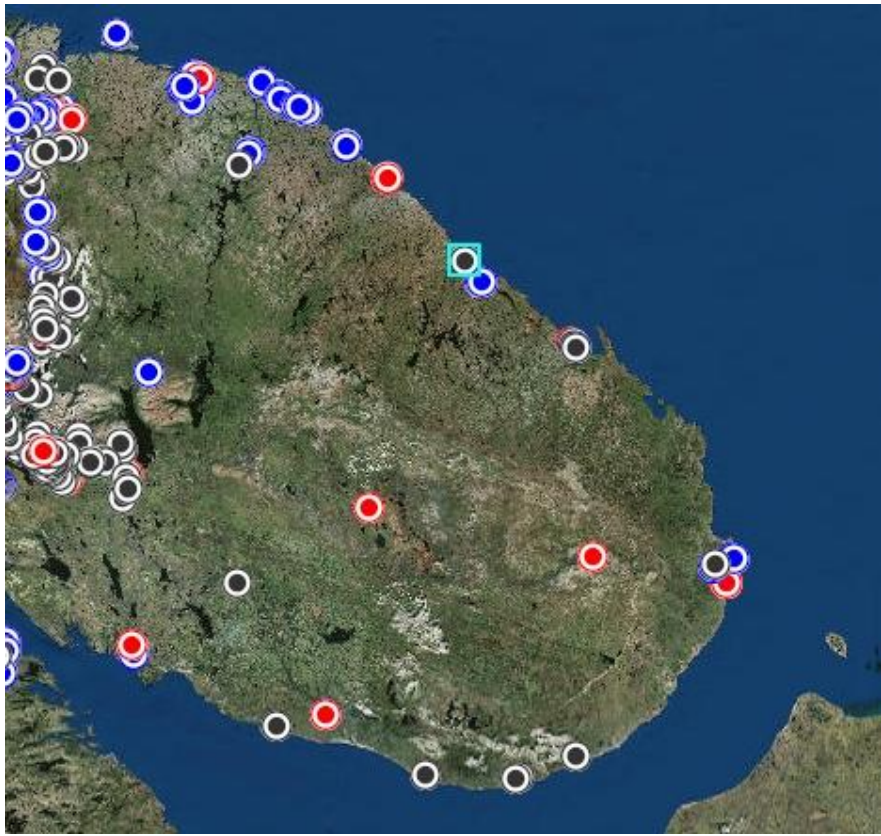


2.5 –

[20]

:	
:	, . .
:	14 , ( ).
:	, ,





2.6 –

[20]

	, ,
	.. (30
	), -
	, , , , , , , IV, V



2.7 –

[20]

:	
:	,
:	( , , , , , ).
:	, , , , , , IV, V



### 2.2.2

« »

2015

.

:

- ,
- 

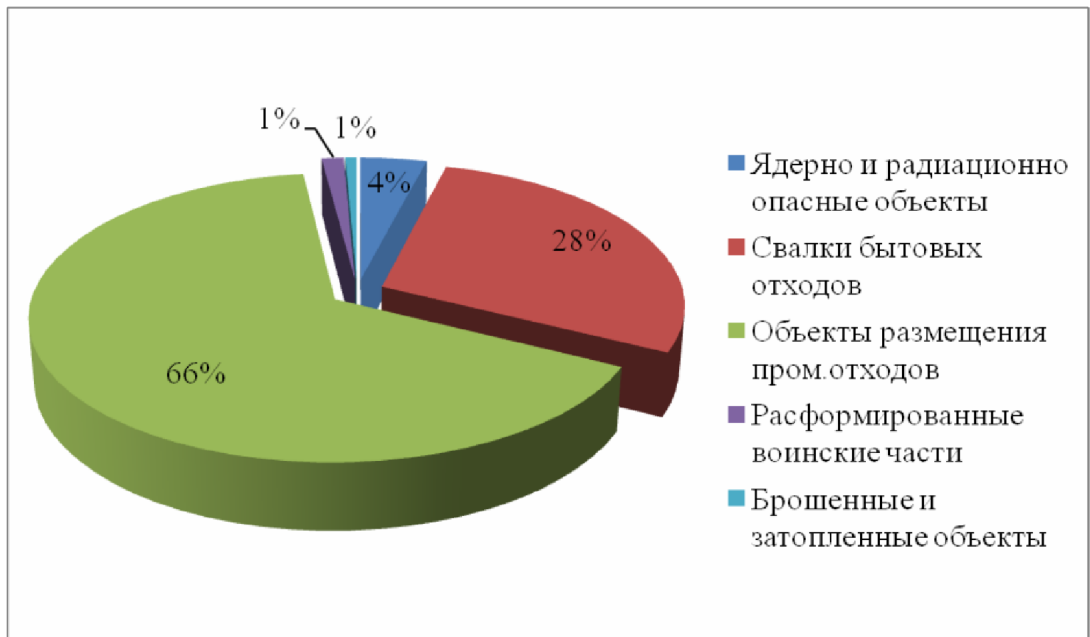
.

### 2.2.3

.

:

- , ;
- ;
- [24].



2.8 –

[24]

[13].

[13].

3

3.1

—

65

3,9

3.

30

: — , , —

.

,

.

.

-

( .3.1).

,

—

,

.

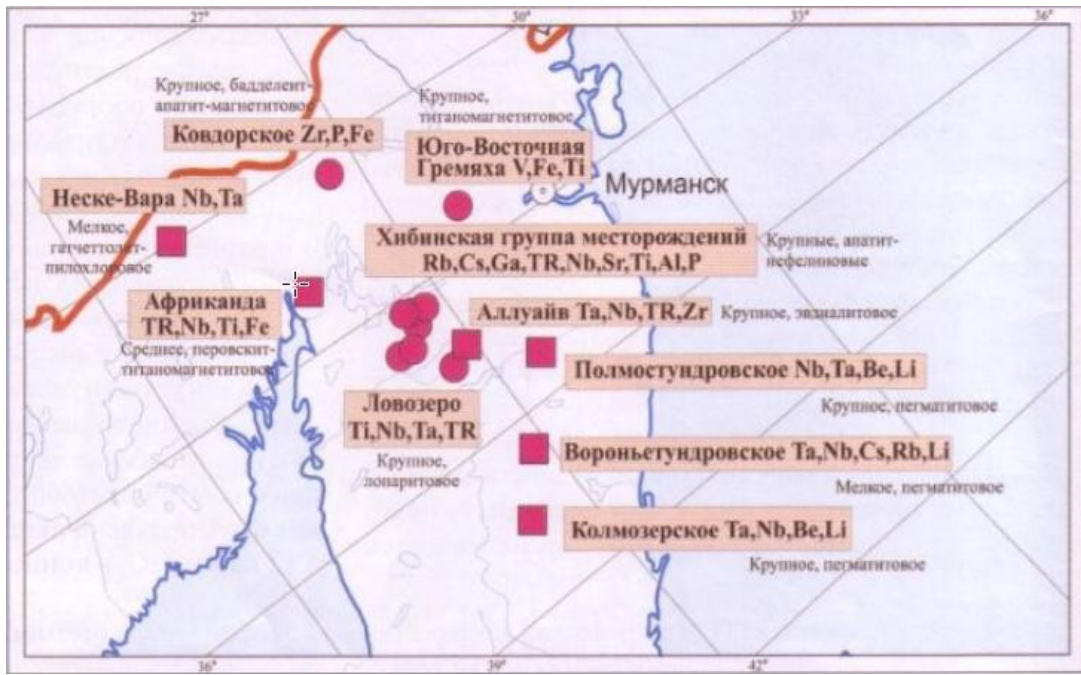
2%,

,

,

[25].





3.1 –

[25]

6–7

7–10

· ,  
,  
·  
- · ,  
- . [25]

### 3.2

[26].

,  
·  
,  
,  
·  
·  
,  
,  
,  
·  
·  
,  
,  
·  
·  
,  
·





CO2

1

1500

2006

90%

-2, 93%

-2 2024 [28].

80-100

24-

280

1/4

[36].

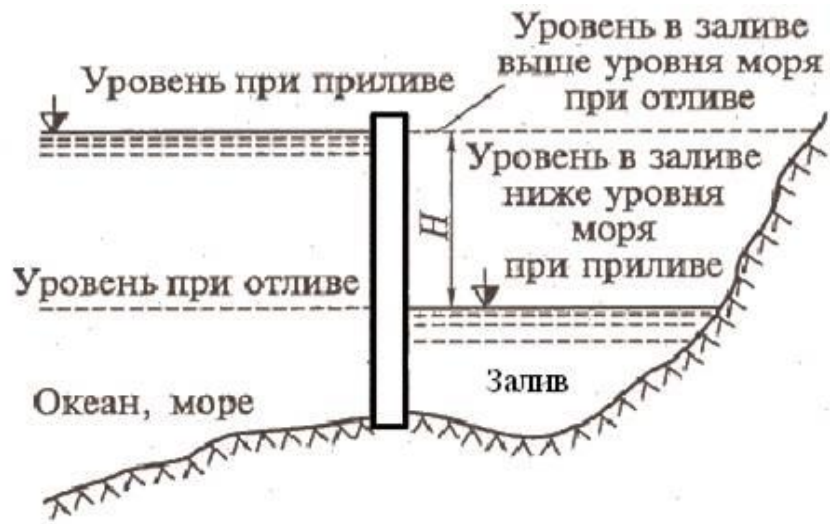
( 3.1).

[28].

3.1 –  
[28]

50-100	,
	,
,	,





3.2 –

[27]

[27].





1980-

( )

1990-

200

2004

[28].

3.2.3

50-

« » ( .3.3),

[28].



3.3 –

1,5-2  
( 3- )  
( , , )  
9  
7 -  
[7].

8-10  
90-95%  
[41].

•

;

:

•

;

•

;

•

;

•

.

:

•

.

4.

« » ,

.

1000 .

.

,

.

, , , , ,

,

,

,

.

,

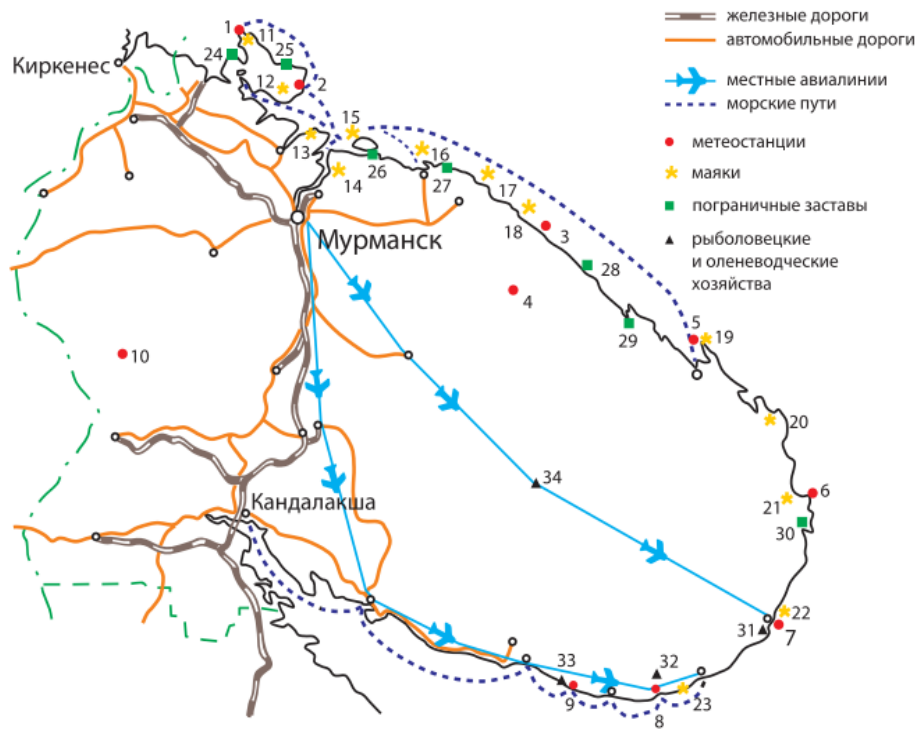
9

500 .

500 3

/ .

[2].



4.1 –

[2].

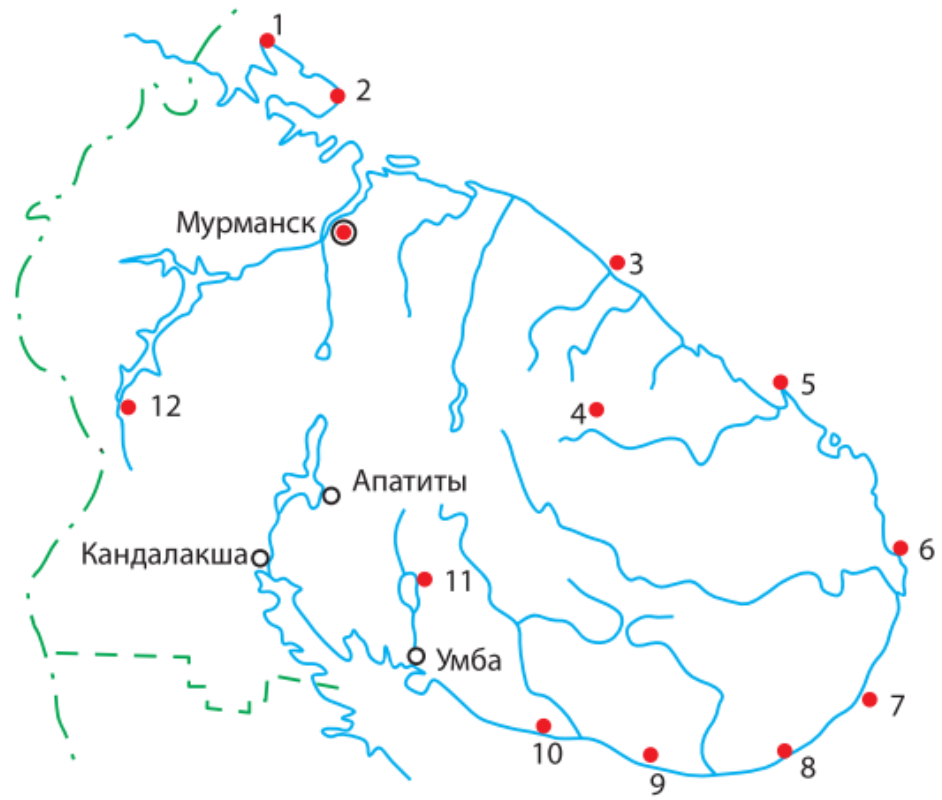
4.1

( .4.2 .4.3).

– 8–20

20 / .

20–50

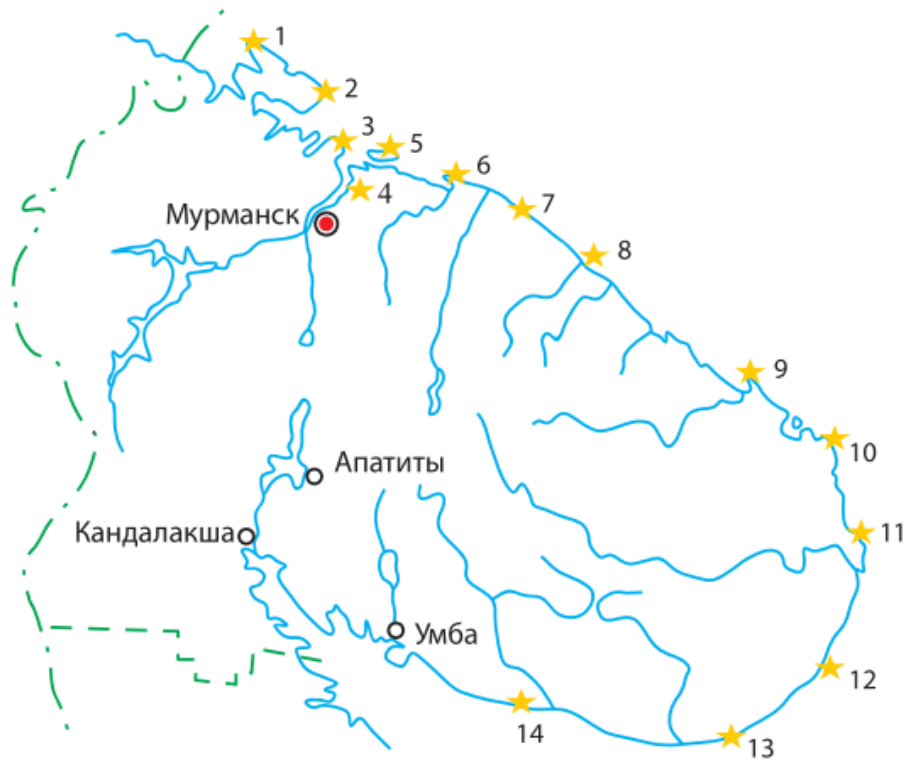


4.2 –

[13]

1 – , 2 – , 3 – , 4 – , 5 –  
 , 6 – , 7 – , 8 – , 9 – ,  
 10 – , 11 – , 12 –





4.3 –

[13]

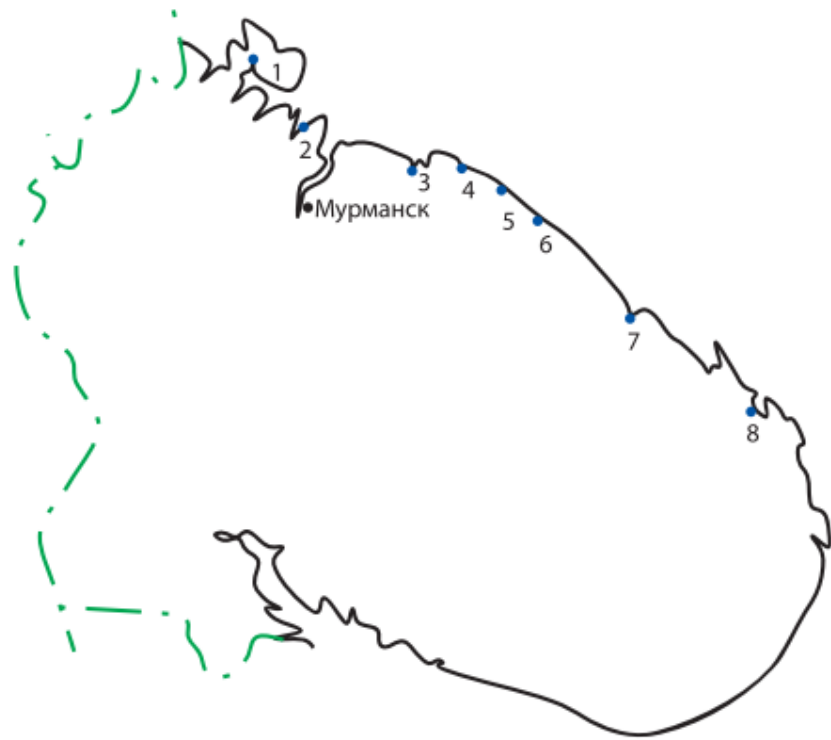
1 – , 2 – - , 3 – - , 4 –  
 , 5 – , 6 – , 7 – , 8 –  
 , 9 – , 10 – , 11 – - , 12 –  
 , 13 – , 14 –

( .4.4).

1000

5

[13].



4.4 –

[13]

1 – , 2 – , 3 – , 4 –  
. , 5 – , 6 – , 7 – , 8  
– .

4.2

0,2 / . 100-150 . 0,1 60

- 100-150 .  
0,3-0,5 /

« » ( . ), « » ( . ),

200 500 » ( .4.5) [28].



4.5 – (I – VII),  
(1 – 4) [28]

: I – , II – , III – , IV –  
 , V – , VI – , VII – .  
 : I – ( / «  
 »), 2 – ( / «  
 »), 3 – ( «  
 »),  
 4 – .

4.3

1988

550

51

320 340 ( .4.6).



4.6 –

( )

[30]

3,9

3

56

[30].

52

, .

[29].

,

,

.

500

.

,

[32].

,

– 30 / ,

.

,

.

,

.

,

.

« »

[31].

« »

.

.

.  
 , « »  
 « » ( Total Statoil)  
 . « ,  
 , », —  
 .

2040 , 2028 [8].

$$G = AS, \tag{5.1}$$

A – ; S – <sup>2</sup>; –  
 , H/ <sup>3</sup>.

$$P = A/2 \cdot A \cdot S \cdot \dots \tag{5.2}$$

... 1937–1941 .

( . 5.1) [33].





5.1 –

[33]

... ,  
 ( · ), S  
 ( <sup>2</sup> ), H<sup>2</sup> ( ):

$$E = 1,97 \cdot 10^6 \cdot H^2 \cdot S \quad (5.3)$$

$$E = 1,97 \cdot 10^6 \cdot 6^2 \cdot 6 = 425 \cdot 10^6 \cdot$$

$$= 425 \cdot 10^6 \cdot$$

[37].

250 [37].

30 .

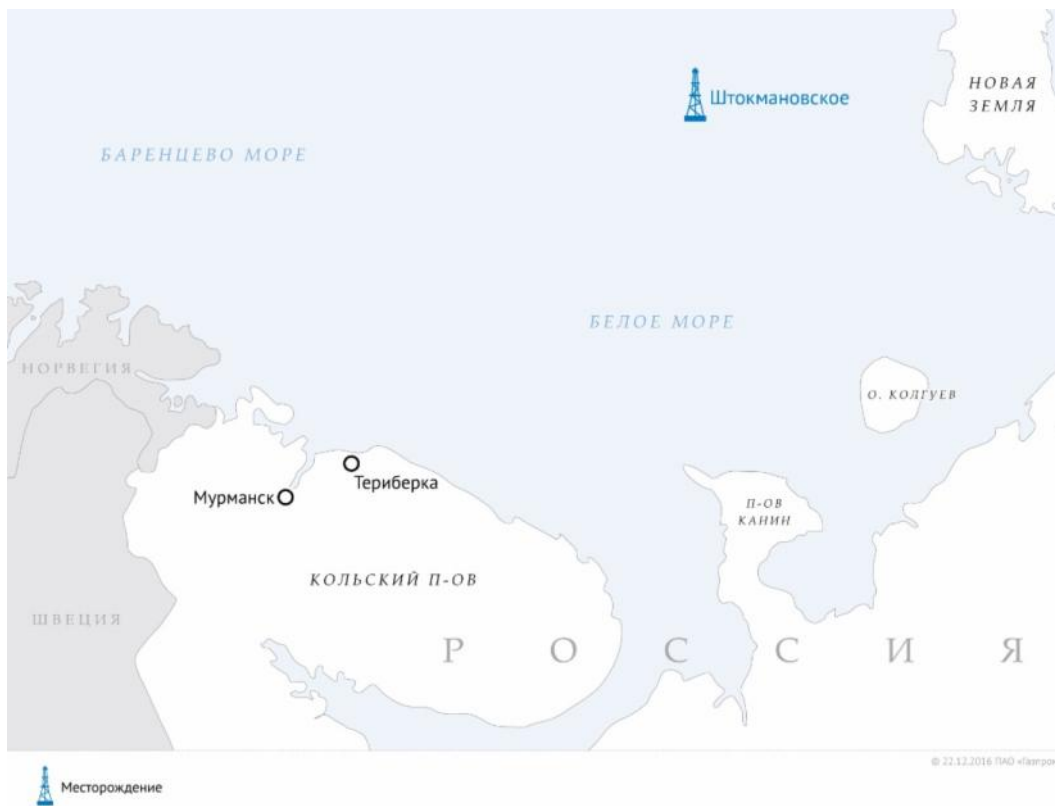
4 . . ,

550

- .

500

( .5.2).



5.2-

[28]

—

100

:

-

100 , 2500

- 2,5 . - 900 .

6 .

- 50 .

50 :

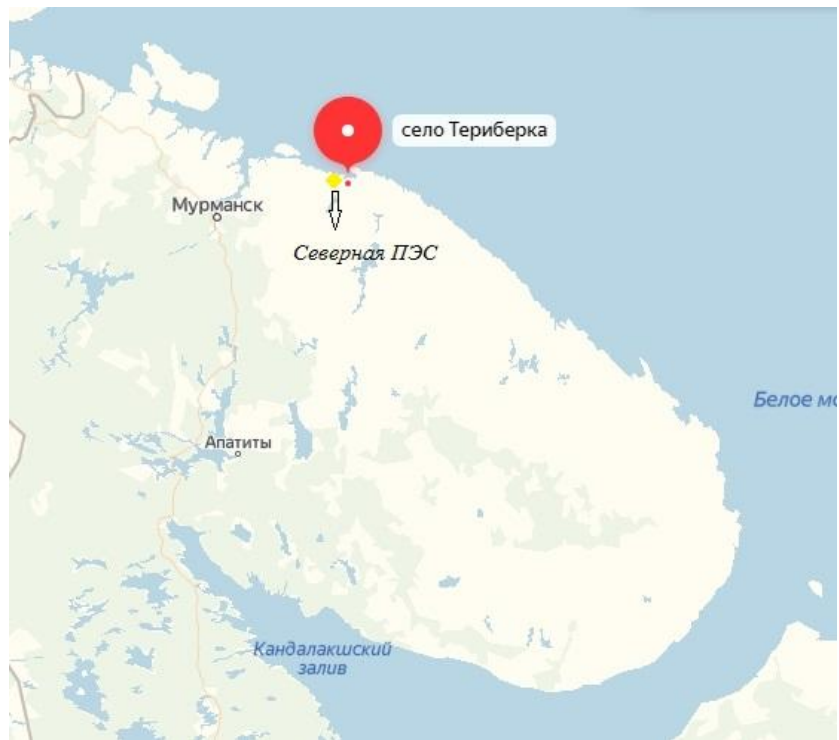
( , , .).

( . 5.3).

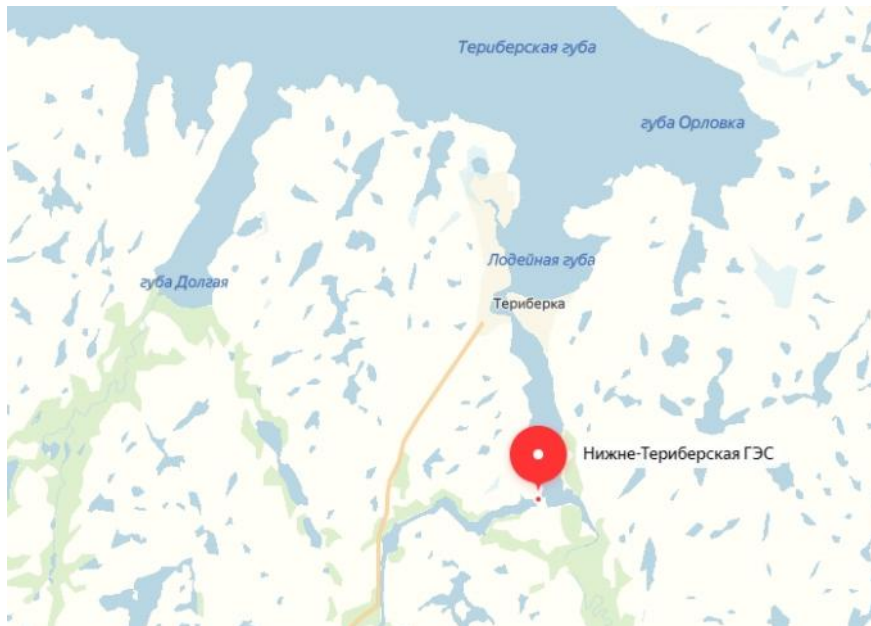
( . 5.4).

- 7,5 ; - 116

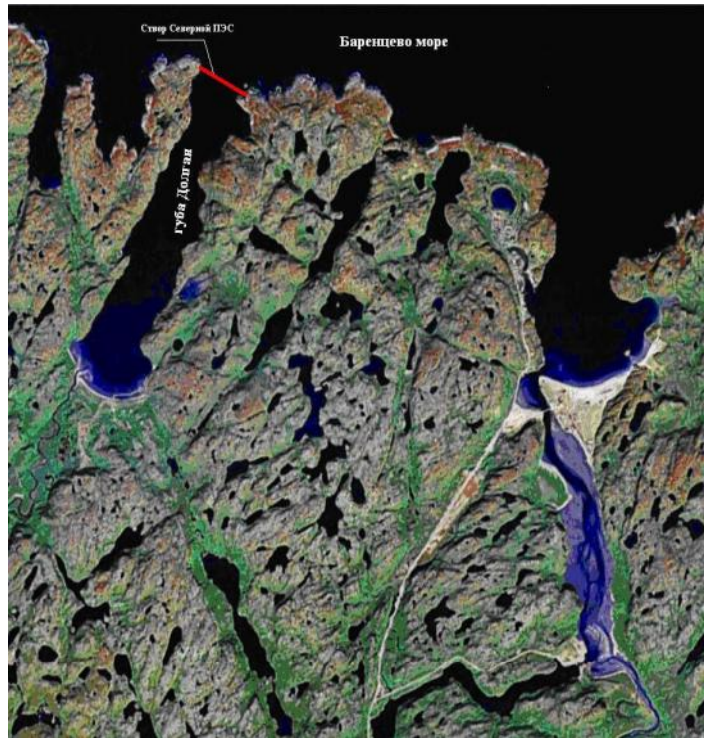
( . 5.5), ( . 5.6).



5.3 –



5.4 –

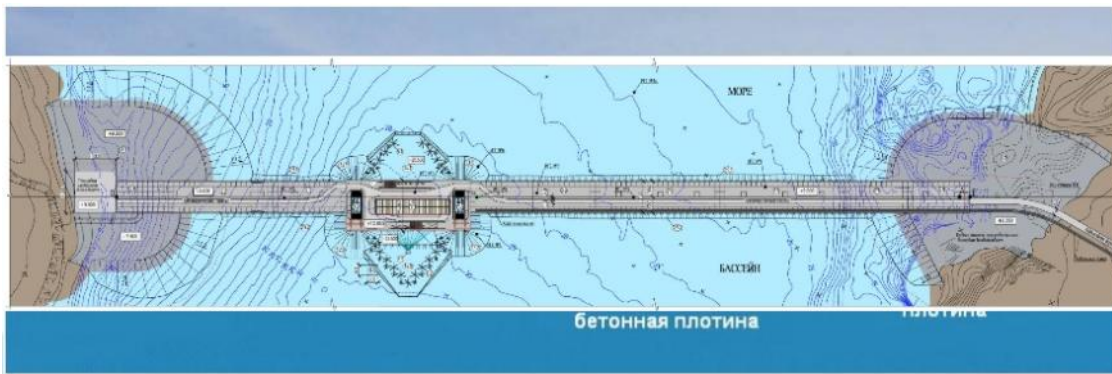


5.5 -



5.6 -

— ,  
 . 6 .  
 ,  
 , 0,4 .  
 — ,  
 ,  
 [38].  
 ,  
 - 6,0 , - 0,8-1,1 .  
 :  
 , 15<sup>0</sup>.  
 ,  
 716 . - 1200 (48 ,  
 ,  
 10 )( .5.7) [39].



5.7 –

[38]

60–65%

0,5

8 50,0

[38].



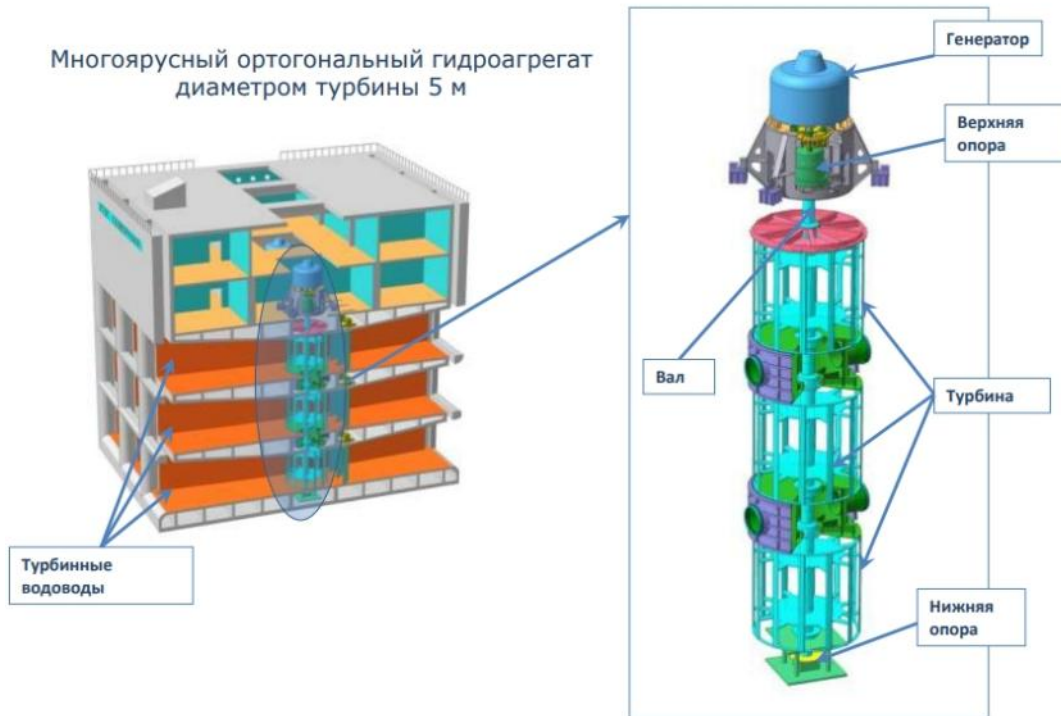
5.1 –

[40]

Наименование объекта	Обозначение ортогонального гидроагрегата	Технические характеристики гидроагрегатов						
		Диаметр рабочего колеса, мм	Длина лопастей рабочего колеса, мм	Кол-во лопастей, шт	Кол-во гидротурбин, шт	Установленная мощность генератора, кВт	Число оборотов турбин гидроагрегата об/мин	Вес гидроагрегатов, тонн
ПЭС «Северная» г. Долгая Баренцева моря	ОГА-5 (вертикальный трехярусный)	5000	5000	12	3	8500	42	290-300

, /  
 . 120,0 ( ) 45,4 ( ) 39,5 ( ) . – 16,5 ( . 5.8)

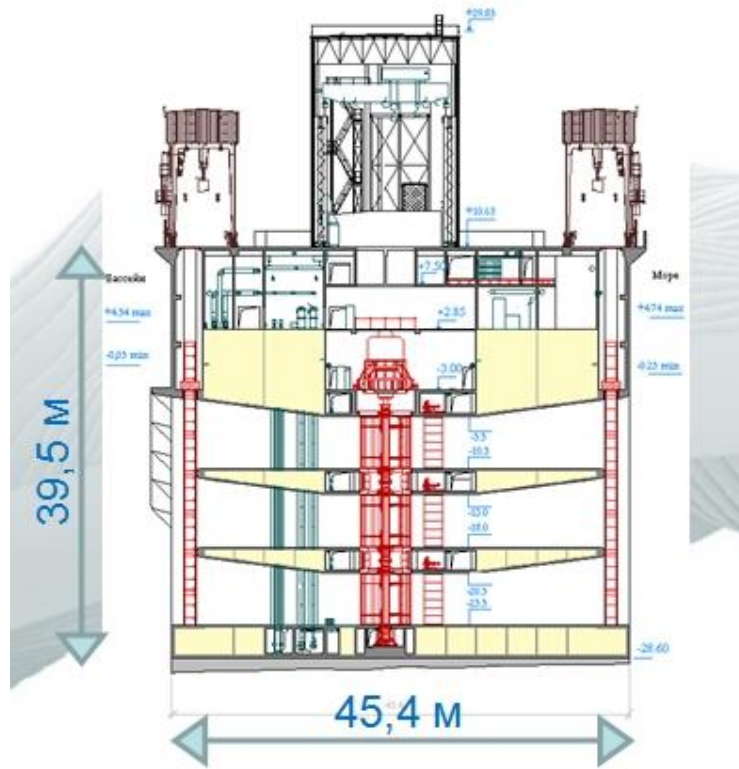
[40].



5.8 –

, /

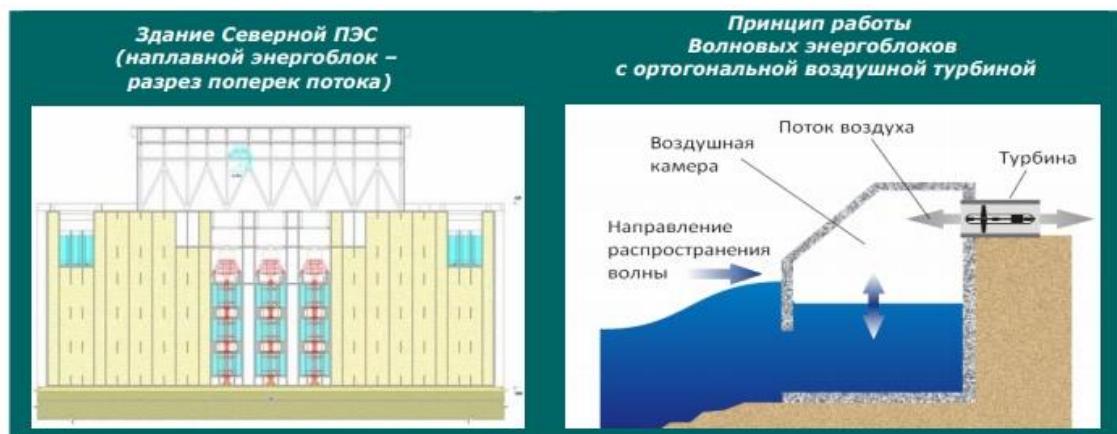
[40]



5.9 –

[40]

( . 5.10) [40].



5.10 –

[40]

« »

« »,

«

» — «  
» . «  
1000 ,  
» [34].

·  
- ,  
·  
, - .  
, -  
- .  
,  
·  
·  
, ,  
: 17 , 2  
,  
,  
,  
·  
:  
·  
( , , , )  
, , ,  
,  
·

,

,

,

,

.

.

—

,

.

,

,

,

,

,

.

.

—

—

.

.

.

,

( , ),

5

.

40–60%

,

.



， ， ，  
·  
， ，  
·  
：  
· ，  
—  
， ！



1. 2030: . . . , . . .  
2017. – [ ]. – :  
[https://issek.hse.ru/data/2017/04/04/1168471430/Renova\\_Energy.pdf](https://issek.hse.ru/data/2017/04/04/1168471430/Renova_Energy.pdf)
2. . –  
[ ]. – :  
<https://bellona.ru/2007/09/25/vozobnovlyaemaya-energetika-na-kolsk/>
3. « »  
–  
[ ]. – : <https://bellona.ru/2009/11/19/rusgidro-sobiraetsya-stroit-na-kol/>
4. –  
– [ ]. – :  
[https://bellona.ru/2015/03/13/tidal\\_power/](https://bellona.ru/2015/03/13/tidal_power/)
5. .101 : . –  
[ ]. – : <https://bellona.ru/2009/12/11/101-reshenie-bezgranichnaya-chistaya-energiya/>
6. « »  
– [ ]. –  
: <https://bellona.ru/2009/11/19/rusgidro-sobiraetsya-stroit-na-kol/>
7. " " 3 (7) 2001  
:  
[ ]. – : <https://www.eprussia.ru/epr/7/99.htm>
8. –  
– [ ]. – :

<https://neftegaz.ru/news/gosreg/198077-spg-proekt-na-baze-shtokmanovskogo-mestorozhdeniya-mozhet-byt-reanimirovan-k-2035-g/>

9. . . . :  
// . - :  
2/2015. - 10. - [ ]. - :

[http://www.kolasc.net.ru/russian/news/trudy/energetiki\\_10\\_2015.pdf](http://www.kolasc.net.ru/russian/news/trudy/energetiki_10_2015.pdf)

10. « -1» / 2018, « -1». -  
[ ]. - :

<http://www.tgc1.ru/production/complex/kolsky-branch/>

11. 29.03.2013

139- /5 "

"/

. - [ ]. - :

[http://mpr.gov-murman.ru/activities/okhrana-okruzhayushchey-](http://mpr.gov-murman.ru/activities/okhrana-okruzhayushchey-sredy/ekodamage/postanovlenie-pmo-ot-29.03.2013--139_pp_5_12.11.2015.pdf)

[sredy/ekodamage/postanovlenie-pmo-ot-29.03.2013--139\\_pp\\_5\\_12.11.2015.pdf](http://mpr.gov-murman.ru/activities/okhrana-okruzhayushchey-sredy/ekodamage/postanovlenie-pmo-ot-29.03.2013--139_pp_5_12.11.2015.pdf)

12. . . . , . . . , . . . , . . .  
/ «  
». - - , 2007. - 280 .

13. . . .  
/ :

Bellona – 2012. – 50 .

14. . . .  
. - [ ]. - :

<http://portal.kgilc.ru/redbook/?q=nature>

15. . . .  
/ 2- . , . - : , 1969. - 144 .

16. . . . /  
. - [ ]. -

: [http://minec.gov-murman.ru/activities/devel\\_city/sub03/inves-pasporta/](http://minec.gov-murman.ru/activities/devel_city/sub03/inves-pasporta/)

17. /  
 . – [ ]. – :  
<https://www.invest-murman.ru/main/o-regione/klyuchevye-otrasli-ekonomiki/#fish>
18. . .  
 //  
 . – : , 2012. – 1 (8). –  
 [ ]. – :  
[http://www.kolasc.net.ru/russian/news/trudy/energetiki\\_4\\_2012\(8\).pdf](http://www.kolasc.net.ru/russian/news/trudy/energetiki_4_2012(8).pdf)
19. 2015 // «  
 ». – [ ]. – :  
<http://www.rosatom.ru/upload/iblock/025/02582c544f8152388ebe24c7bc3da837.pdf>
20.  
 ( ). – [ ]. –  
 : <http://portal.kgilk.ru/private/2018/roneupub.html>
21.  
 . – [ ]. –  
 : <https://bellona.ru/2016/04/21/nakopleniy-ekologicheskiy-uscherb/>
22.  
 ,  
 . – [ ]  
 ]. – : [https://revolution.allbest.ru/ecology/00335935\\_4.html](https://revolution.allbest.ru/ecology/00335935_4.html)
23.  
 . «  
 ». – [ ]. – :  
<http://www.aif.ru/society/36027>
24.  
 ». – [ ]  
 ]. – : <http://nuclear-submarine-decommissioning.ru/node/853>

25. : HI-TECH  
 . . . , .  
 ( , .  
 ). : . 2018 (3):40-45
26. / 2016 « ».  
 [ ]. – :  
[http://www.rosenergoatom.ru/stations\\_projects/sayt-kolskoy-aes/](http://www.rosenergoatom.ru/stations_projects/sayt-kolskoy-aes/)
27. ». – [ ]. –  
 : <https://alter220.ru/voda/prilivnye-elektrostantsii.html#i-6>
28. . . , . . .  
 / – : Bellona, 2007. – 94 .
29. // « » 2012. – [ ]. – :  
<http://expo2012korea.ru/participants/proekt-kompleksnoj-razrabotki-shtokmanovskogo-gazokondensatnogo-mestorozhdeniya/>
30. // 2003–2017 « ».  
 [ ]. – :  
<http://www.gazprom.ru/about/production/projects/deposits/shp/>
31. . . - // . – : , 2012. 5 (3). – [ ]. – : <http://en51.ru/docs/upload/t5.pdf>
32. , ). – [ ]. – : [https://revolution.allbest.ru/ecology/00335935\\_4.html](https://revolution.allbest.ru/ecology/00335935_4.html)
33. - 15-16 2010 «



[ ]. – :  
<https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-filtratsionno-suffozionnoy-prochnosti-osnovaniya-otsechnoy-plotiny-severnoy-pes-v-gube-dolgoy-1>

40.

« » 125362, , 7 . ,  
2011. – [ ]. – :

<https://www.docme.ru/doc/447133/innovacionnye-tehnicheskie-resheniya-v-proekte-severnoj>

41.

( ) — ,  
« » ), , . . ( , . . ( « »). – [ ]. – :

[http://nnhpe.spbstu.ru/wp-content/uploads/2015/01/Statiya\\_NIIES.pdf](http://nnhpe.spbstu.ru/wp-content/uploads/2015/01/Statiya_NIIES.pdf)