

УДК 504.4.054:551.464

**А.М. Савоськина, Д.А. Широков, С.А. Соколова**

## **ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАЗЛИЧНЫХ КОМПОНЕНТАХ ЭКОСИСТЕМЫ ОБСКОЙ ГУБЫ**

*Представлены результаты количественного химического анализа проб воды, взвешенного вещества и донных отложений. В пробах были измерены концентрации ряда тяжелых металлов. Отбор проб производился в рамках программы оценки фоновое состояние экосистемы Обской губы.*

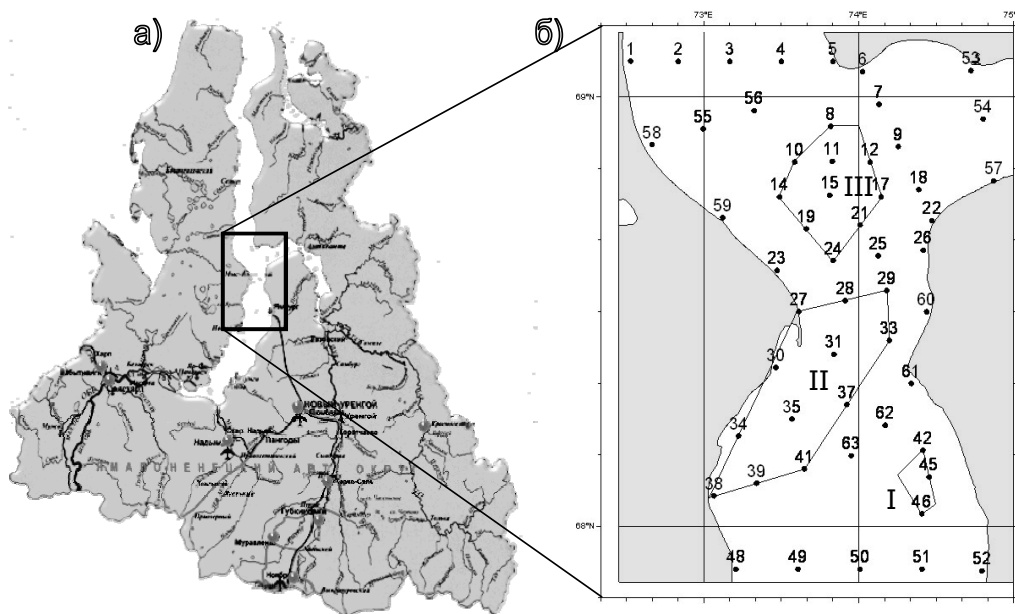
*Ключевые слова: тяжелые металлы, концентрация, загрязнение, Обская губа, экосистема.*

**Р**азработка морских нефтегазовых месторождений является одним из наиболее масштабных и комплексных видов деятельности на морском шельфе, включает геолого-геофизические изыскания, разведочные бурения, обустройство месторождения, промысловые работы и ликвидацию промысла. Каждый из этих этапов сопровождается набором определенных видов воздействия на окружающую среду [Патин, 2001].

В настоящее время в Обской губе Карского моря на лицензионных участках ОАО «Газпром» ведется разведка запасов углеводородов (рис. 1). Для оценки воздействия на экосистему последующих этапов промышленной разработки месторождений в Обской губе необходимо до начала работ провести исследование фоновое состояние данной экосистемы. Данные исследования проводились по заказу ООО «Газфлот» в рамках Программы «Оценка фоновое состояние и рыбохозяйственного значения экосистемы Обской губы в районах Обского, Каменномысское-море и Северо-Каменномысского лицензионных участков».

В центральной части Обской губы Карского моря нами проведено изучение содержания тяжелых металлов (Cu, Mn, Ni, Fe, Zn, Cd) в воде, во взвешенном веществе, донных отложениях, в органах и тканях рыб на протяжении трех лет 2006—2008 годов в период открытой воды (август-сентябрь). В 2008 году дополнительно были исследованы концентрации Hg в воде, Pb и Co — во взвешенном веществе, донных отложениях и в рыбе.

Подготовка проб (взвешенного вещества, донных отложений и биологического материала) для количественного химического анализа тяжелых металлов проводилась в лабораторных условиях способом мокрой минерализации (на песчаной бане). Концентрации тяжелых металлов во всех пробах оценивали электротермическим атомно-абсорбционным методом на спектрометре с графитовой печью. При определении металлов в воде руководствовались ПНД Ф 14.1:2:4.140-98, во взвеси и донных отложениях — РД 52.10.556-95, в печени и мышцах рыб — ГОСТ 30178-96.



**Рис. 1. Район отбора проб (а), сетка станций мониторинга и границы лицензионных участков (б): I — Обской; II — Каменномыское-море; III — Северо-Каменномыский**

Для характеристики уровня загрязненности тяжелыми металлами воды, взвешенного вещества, донных отложений и биоты применяют различные варианты сравнения исследованных концентраций: с регламентированными предельно допустимыми концентрациями (ПДК), с фоновыми концентрациями, с другими ранее полученными данными. Найденное содержание тяжелых металлов в донных отложениях можно также сравнить со значением величины кларка (константа распространенности химического элемента в земной коре) [Папина, 2001].

Мы проводили сравнение полученных результатов с ПДК металлов в воде и биологическом материале, с фоновыми концентрациями металлов для взвеси и донных отложений.

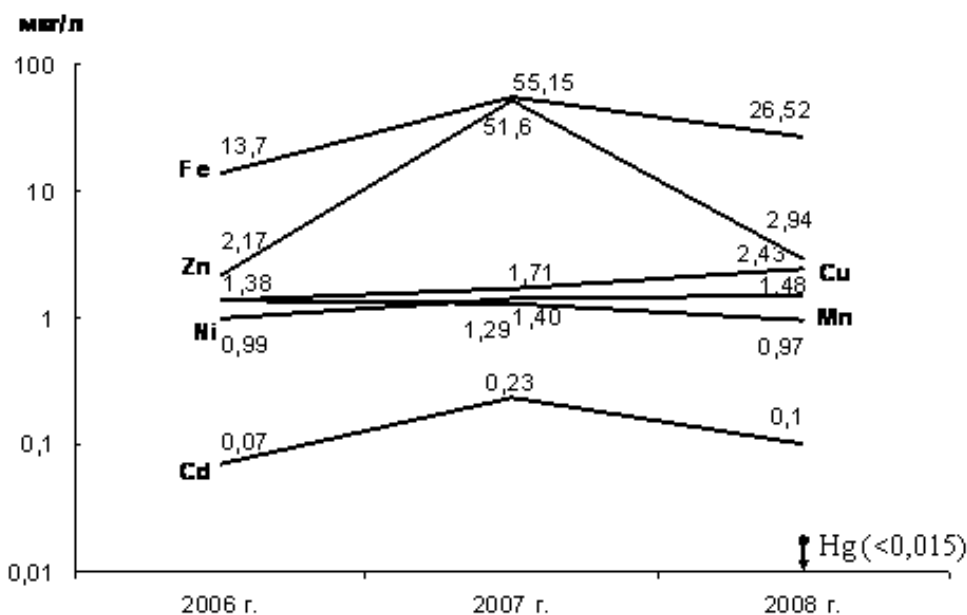
Результаты исследований представлены ниже.

**Вода.** В течение каждого сезона открытой воды (август—сентябрь) 2006—2008 гг. работа в Обской губе

проводилась примерно на 50 станциях (рис. 1, б). Пробы отбирались с поверхностного и придонного горизонтов, за сезон анализировалось порядка ста проб воды.

На рис. 2 представлены средние уровни значений исследованных концентраций Fe, Zn, Cu, Mn, Ni, Cd, Hg. Хорошо видно, что за исследованный период средние концентрации трех элементов — Cu, Mn, Ni не испытывают резких колебаний. Не отмечено резких изменений концентраций для Fe, Zn и Cd в 2006 и 2008 годах. В 2007 году концентрации этих металлов в воде находились на значительно более высоком уровне, так по сравнению с 2006 г. концентрация Fe увеличилась примерно в 4 раза (с 13,7 до 55,15 мкг/л), Zn — в 23,5 раза (с 2,17 до 51,6 мкг/л), Cd — более чем в 3 раза (с 0,07 до 0,23 мкг/л).

Отмечено, что в период исследования 2006-2008 гг. средние концен-



**Рис. 2.** Динамика средних концентраций тяжелых металлов в воде Обской губы в августе—сентябре 2006—2008 гг.

трации металлов Mn, Ni, Fe, Cd, а также Hg в пробах воды не превышают уровень их ПДК для рыбохозяйственных водных объектов, отражают природный фоновый уровень колебаний соответствующих элементов в воде.

Но постоянно отмечается превышение среднего уровня допустимой концентрации по Cu (1,18-1,71-2,43 мкг/л) при ПДК<sub>рх</sub> 1 мкг/л. В 2007г. допустимое значение концентрации было превышено по Zn (51,6 мкг/л), при ПДК<sub>рх</sub> 10 мкг/л.

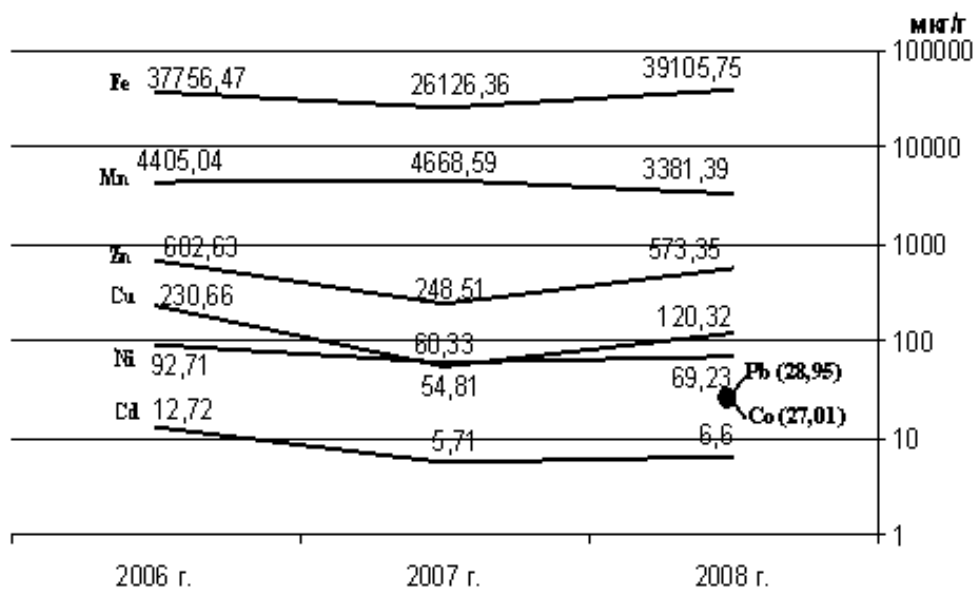
По геохимической классификации элементов Zn является биофильным элементом. В мае-июне 2007г., в период обширной и длительной заморной зоны в Обской губе, концентрация кислорода в воде находилась на уровне 1,09 — 1,73 мг/л (от 7 до 11 % насыщения), с дальнейшим падением кислорода до нулевых отметок. Цинк имеет свойство легко переходить из погибших растительных остат-

ков и организмов в почвенные и иные растворы [Московченко, 2007], что и было отмечено в период исследования в пробах воды Обской губы.

В 2007 г. отмечено повышение концентраций многих исследованных металлов в воде. В анаэробных заморных условиях в воде увеличивается концентрация металлов, которые переходят в воду из донных отложений, погибших водных растений и биоты.

Полученные нами данные по содержанию тяжелых металлов в воде в период исследований в 2006-2008 гг. характеризуют естественный фоновый уровень их содержания в воде Обской губы в районе расположения лицензионных участков ОАО «Газпром»

**Взвешенное вещество.** Для определения количественного содержания взвеси в воде и содержания во взвеси тяжелых металлов отбирали пробы воды с поверхностного и при-



**Рис. 3. Динамика средних концентраций тяжелых металлов во взвешенном веществе Обской губы в августе—сентябре 2006—2008 гг.**

донного горизонтов с последующим ее фильтрованием. За каждый сезон исследования анализировалось около 100 проб взвеси.

Среднее количество взвешенного вещества в пробах воды летом 2006 года составляло 11,7 мг/л, в 2007 году отмечалось более высокое содержание взвеси — 28,8 мг/л, данные 2008 года находятся примерно на уровне 2007 г. — 25,4 мг/л. В 2007 и 2008 гг. отбор проб зачастую проводился при сильном ветре, вызвавшем волнение и взмучивание донных отложений, что и объясняет более высокие значения количества взвеси.

На рис. 3 представлены средние значения концентраций тяжелых металлов во взвеси за три года исследований. От года к году значения варьируют незначительно.

Данные Института Океанологии им. П.П. Ширшова РАН по содержа-

нию тяжелых металлов во взвешенном веществе Обской губы осенью 1993 г. находятся на одном уровне с полученными нами значениями. В своей работе сотрудники ИО РАН обращают внимание на то, что взвешенное вещество Обской губы обогащено микроэлементами по сравнению с реками мира. [Шевченко с соавт., 1996].

**Донные отложения.** За период открытой воды 2008 г. в Обской губе было отобрано 52 пробы. Образцы донных отложений характеризовались илами, мелко- и среднезернистыми песками.

Содержание металлов в донных отложениях представлено в *таблице 1*. Минимальные концентрации тяжелых металлов приурочены к прибрежным станциям, где донные отложения представлены песками.

Разброс концентраций металлов в пробах по станциям объясняется гра-

Таблица 1

**Содержание металлов (мкг/г сухой массы) в донных осадках Обской губы в августе-сентябре 2008 г.**

	Cu	Mn	Fe	Cd	Ni	Zn	Pb	Co
Минимальное значение	1,09	158,07	2436,09	0,01	3,37	6,38	1,18	2,18
Максимальное значение	18,61	1520,47	15120,00	0,24	29,73	61,78	7,25	14,74
Среднее значение	11,11	774,51	7891,29	0,08	21,50	42,42	4,85	10,45

нулометрическим и минеральным составом донных отложений: содержание металлов в различных гранулометрических фракциях донных отложений увеличивается с уменьшением размера фракций [Папина, 2001; Атлас..., 1999].

Полученные нами значения концентраций исследованных металлов одного порядка с данными, опубликованными в литературе [Ефремин, Холмянский, 2008; «Геоэкология...», 2001]. То есть можно отметить, что содержание металлов в донных осадках Обской губы характеризует природный фон исследуемого района.

**Рыбы.** В Обской губе были проведены исследования содержания тяжелых металлов в организме рыб.

В работе приводятся данные за сезон работ 2008 г. Для анализа мышц и печени рыб (ерш, ряпушка, чир, сиг) было отобрано по 20-30 проб от каждого вида рыб, всего 102 пробы. Результаты исследованных металлов в рыбе представлены в табл. 2.

Полученные концентрации сравнивали с утвержденными санитарно-гигиеническими ПДК металлов, поскольку экологические нормативы (физиологическая норма) пока не разработаны. Элементы, для которых утверждены санитарно-гигиенические нормативы (Cu, Cd, Zn, Pb), являются наиболее токсичными.

Как видно из таблицы, средние значения концентраций металлов для мышц и для печени в исследованных организмах рыб не превышают утвержденных ПДК (за исключением Cd в единичных пробах печени ерша (1,35 мг/кг сырой массы при ПДК 0,7 мг/кг).

Содержание всех исследованных металлов в печени рыб значительно выше, чем в мышцах. Это объясняется тем, что печень является функциональным депо металлов [Говоркова, 2004; Евтушенко, 1988 и др.], что не является следствием загрязнения организма, а отражает естественные процессы аккумуляции металлов печенью (в ряде случаев выше установленных ПДК).

Нами построен следующий ряд по убыванию среднего содержания металлов в печени рыб Обской губы:

**для печени ерша**

Fe>Zn>Cu>Mn>Ni>Co>Pb>Cd;

**для печени ряпушки**

Zn>Fe>Cu>Mn>Ni>Co>Pb>Cd;

**для печени сига**

Fe>Zn>Cu>Mn>Ni>Co>Pb>Cd;

**для печени чира**

Fe>Zn>Cu>Mn>Co>Ni>Pb>Cd.

Данная закономерность подтверждается исследованиями накопления металлов в организме рыб для других водоемов, в том числе для Куйбышевского водохранилища [Говоркова, 2004].

Таблица 2

**Содержание металлов (мг/кг сырой массы) в тканях и органах рыб в августе—сентябре 2008г в Обской губе**

Значение	Cu	Mn	Fe	Cd	Ni	Zn	Co	Pb
<i>Ерш, мышцы</i>								
Минимальное	0,21	0,33	6,78	0,02	0,04	6,00	0,04	0,02
Максимальное	3,72	4,63	41,47	0,18	1,07	18,84	0,55	1,00
Среднее	0,92	1,04	15,77	0,06	0,31	10,94	0,15	0,10
<i>Ерш, печень</i>								
Минимальное	0,42	0,14	6,88	0,05	0,05	7,55	0,12	0,05
Максимальное	7,70	7,53	198,00	1,35	3,58	41,20	2,60	0,88
Среднее	2,90	3,12	102,61	0,24	1,15	27,13	0,65	0,23
<i>Ряпушка, мышцы</i>								
Минимальное	0,62	0,54	7,40	0,02	0,04	11,51	0,04	0,04
Максимальное	1,12	0,98	13,06	0,16	0,72	24,78	0,50	0,12
Среднее	0,84	0,73	10,10	0,05	0,34	16,52	0,12	0,08
<i>Ряпушка, печень</i>								
Минимальное	6,87	2,83	98,96	0,04	0,47	210,37	0,09	0,03
Максимальное	16,47	4,50	227,40	0,13	3,56	550,20	0,25	0,21
Среднее	10,69	3,73	162,87	0,09	1,81	348,09	0,19	0,13
<i>Сиг, мышцы</i>								
Минимальное	0,04	0,24	3,62	0,00	0,02	3,93	0,02	0,02
Максимальное	0,76	1,28	10,15	0,10	0,46	9,05	0,33	0,19
Среднее	0,39	0,56	5,67	0,03	0,11	6,04	0,09	0,09
<i>Сиг, печень</i>								
Минимальное	4,46	1,76	21,23	0,02	0,03	26,38	0,03	0,03
Максимальное	28,00	3,86	114,35	0,39	0,67	55,75	0,61	0,32
Среднее	13,22	2,65	50,71	0,07	0,23	36,95	0,23	0,11
<i>Чир, мышцы</i>								
Минимальное	0,44	0,41	5,88	0,01	0,02	4,49	0,03	0,03
Максимальное	0,91	1,30	17,44	0,09	0,83	8,36	0,19	0,17
Среднее	0,60	0,73	8,35	0,03	0,14	5,85	0,06	0,10
<i>Чир, печень</i>								
Минимальное	10,75	1,69	42,39	0,02	0,03	24,37	0,05	0,04
Максимальное	41,72	4,44	100,40	0,22	2,58	96,08	2,85	0,37
Среднее	25,89	2,82	73,52	0,11	0,43	39,67	0,47	0,16
ПДК*	—	—	—	0,2/0,7	—	—	—	1,0/1,0
ПДК**	10,0/—	—	—	0,2/0,7	—	40,0/—	—	1,0/1,0
	Cu	Mn	Fe	Cd	Ni	Zn	Co	Pb

\* — Допустимые уровни концентраций металлов в мышцах/печени рыб по СанПиН 2.3.2.1078-01.

\*\* — Допустимые уровни концентраций металлов в мышцах/печени рыб по СанПиН 2.3.2.560-96

**Выводы.** Обская губа в настоящее время представляет собой водоем, не загрязненный тяжелыми металлами.

Концентрации тяжелых металлов во взвешенном веществе и в донных отложениях находятся на одном уровне с их средними значениями, характерными для арктических районов России [Атлас..., 1999; Геоэкология..., 2001 Ефремкин, Холмянский, 2008; Шевченко и др., 1996;].

В ходе исследований не были отмечены превышения ПДК металлов в воде, кроме Cu и Zn. Допустимое содержание Cu превышалось на протяжении всего периода наблюдений 2006—2008 гг. примерно в 1,5—2 раза. Во многих регионах России (в том числе и в Обской губе) различными исследователями отмечаются повышенные концентрации меди [Моисеев и др., 2006]. ПДК для Zn в период исследований была превышена в 2007 г. (51,6 мкг/л при ПДК<sub>рх</sub> 10 мкг/л).

В 2007 г. характерно повышение концентраций по многим исследованным металлам в воде Обской губы, что возможно связано с длительным по времени (по сравнению с другими годами) и обширным по акватории заморным явлением (массовой гибелью рыбы) в мае-июне, когда концентрация кислорода в воде опустилась

до нулевого уровня. В анаэробных условиях в воде увеличивается концентрация металлов, которые переходят в воду из донных отложений, погибших водных растений и биоты.

В мышцах и печени рыб средние значения содержания металлов не превышали утвержденных санитарно-гигиенические нормативы токсичных элементов.

Практически повсюду на российском шельфе районы залегания углеводородных месторождений сопрягаются или совпадают с районами высокой биопродуктивности и традиционного рыболовства. В отличие от нефти и газа морские биоресурсы способны постоянно воспроизводить себя, и потому они фактически бесценны. Именно поэтому так важно обеспечение экологической безопасности морского нефтегазового комплекса [Патин, 2001]. Мониторинговые исследования являются важной составляющей в решении проблемы сохранения биоресурсов.

Как показали фоновые мониторинговые исследования в Обской губе, работы ООО «Газфлот» на лицензионных участках ОАО «Газпром», связанные с разведкой углеводородов, не оказывают существенного влияния на водные биоресурсы и среду их обитания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас загрязнений природной среды акваторий и побережья морей Российской Арктики. Под ред. С.А. Мельникова, А.Н. Горшкова. — СПб, 1999.

2. Геоэкология шельфа и берегов морей России» под ред. Н.А. Айбулатова. — М: «Ноосфера», 2001.

3. Говоркова Л.К. Выявление факторов накопления тяжелых металлов в органах рыб различных трофических групп (на примере Куйбышевского водохранилища). Автореферат на соиск.

кандид. биол. наук: 03.00.16. — Казань, 2004.

4. ГОСТ 30178-96.

5. Евтушенко Н.Ю., Т.Д. Малыжева, Т.П. Шаповал. Закономерности поступления в организм и накопление тяжелых металлов в тканях рыб. Тезисы докладов. Первая Всероссийская конференция по рыбохозяйственной токсикологии. — Рига, 1988. — Ч. 2. — С. 132—133.

6. Ефремкин Е.М., Холмянский М.А. Геоэкологическое сопровождение освоения

нефтегазовых месторождений арктического шельфа. — СПб: Недра, 2008.

7. Моисеенко Т.И., Кудрявцева Л.П., Гашкина Н.А. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши. — М.: Наука, 2006.

8. Московченко Д.В. Эколого-геохимическое состояние водных объектов на территории заказника «Сургутский», «Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения». — 2007. — № 7. — С. 163—171.

9. Папина Т.С. «Транспорт и особенности распределения тяжелых металлов в речных экосистемах». — Новосибирск, 2001.

10. Патин С.А. «Нефть и экология континентального шельфа» — М.: Изд-во ВНИРО, 2001.

11. ПНД Ф 14.1:2:4.140-98 «Методика выполнения измерений массовых концентраций бериллия, ванадия, висмута, кадмия, кобальта, меди, молибдена, мышьяка, никеля, олова, свинца, селена, серебра, сурьмы, хрома в питьевых, природных и сточных водах методом атомно-абсорбционной спектроскопии».

12. РД 52.10.556-95.

13. СанПиН 2.3.2.1078-01 Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. — М., 2001.

14. Шевченко В.И., Северина О.В., Майорова Н.Г., Иванов Г.В. «Количественное распределение и состав взвеси в эстуариях Оби и Енисея». — Вестник Московского Университета. — Серия 4, геология, 1996. — № 3. — С. 81—85. **ГИАБ**

#### КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Савоськина А.М. — студентка, Московский государственный горный университет, Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru

Широков Д.А. — научный сотрудник лаборатории эколого-токсикологических исследований отдела экологических основ изучения биопродуктивности ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГУП «ВНИРО»);

Соколова С.А. — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории эколого-токсикологических исследований отдела экологических основ изучения биопродуктивности ФГУП «ВНИРО»;



#### ДИССЕРТАЦИИ ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
<b>ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА им. Д.А. КУНАЕВА</b>			
АБДУЛГАЛИЕВА Гульжан Юсупхановна	Теоретическое обоснование управление газовыделением из подработанного газонасыщенного массива горных пород налегающей толши	25.00.20 05.26.01	д.т.н.
ТКАЧЕНКО Оксана Николаевна	Разработка технических средств безаварийной доставки горной массы крутонаклонным подъемником с глубоких карьеров	05.05.06	к.т.н.