

КУДАШЕВ ИГОРЬ ГЕННАДЬЕВИЧ

**САПРОПЕЛИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ: ГЕОЛОГИЯ, ГЕНЕЗИС, РЕСУРСЫ И
ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

Специальность 25.00.11 – «Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых,
минерального сырья»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Томск – 2004

Работа выполнена в Томском политехническом университете

Научный руководитель: кандидат геолого-минералогических наук, доцент
Бернатонис Вилис Казимирович

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук, профессор
Цыкин Ростислав Алексеевич,
кандидат геолого-минералогических наук
Быкова Валентина Васильевна

Ведущая организация: Кафедра экологии и природопользования
Сибирской государственной геодезической
академии (г. Новосибирск)

Защита состоится 18 февраля 2004 г. в 15 часов в 210 аудитории 1 корпуса ТПУ на заседании диссертационного совета Д 212.269.07 при Томском политехническом университете

Адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке Томского политехнического университета

Автореферат разослан «8» января 2004 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета, д. т. н.

Евсеев В.Д.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Озерные сапропели – это природные органо-минеральные образования, представляющие значительный интерес для использования в народном хозяйстве. Основным потребителем сапропелевого сырья является сельское хозяйство: кормовые добавки в рационы сельскохозяйственных животных и птиц, приготовление удобрений с использованием сапропеля, нейтрализующее средство для кислых почв, кольматация почв и др. Применение сапропелей в медицине (бальнеология, фармакология, грязелечение) дает положительные результаты при лечении целого ряда заболеваний. В ветеринарии экстракты сапропеля используются при лечении и профилактике заболеваний сельскохозяйственных животных. В промышленности имеется опыт применения сапропелей в разных отраслях: производство строительных материалов, тепло- и звукоизоляционных плит, формовочных смесей и пористой керамики, химическая переработка, приготовление буровых промывочных жидкостей и т.д.

Томская область расположена в природно-климатической зоне, благоприятной для образования сапропелей. Геологические их ресурсы (с учетом высокоминерализованных разностей) оценены в 3.98 млрд т.

Однако в настоящее время сапропели в области изучены слабо и используются в очень ограниченных количествах. Вовлечение их ресурсов в эксплуатацию является перспективным направлением в недропользовании. Это предопределяет необходимость всестороннего геологического изучения сапропелевых месторождений для последующего их лицензирования и освоения.

Основной целью работы является изучение геологии, состава и генезиса сапропелей Томской области с оценкой прогнозных ресурсов сырья и определением возможных направлений его использования в народном хозяйстве.

Основные задачи исследований:

- обобщение сведений о запасах и прогнозных ресурсах сапропелей по результатам ранее выполненных геологоразведочных и научно-исследовательских работ;
- обследование озер в южных районах области с целью оценки прогнозных ресурсов сапропелей;
- изучение состава и свойств сапропелей;
- исследование условий формирования сапропелей на территории области;
- определение возможных направлений использования сапропелевого сырья в зависимости от его состава и свойств;
- разработка рекомендаций по дальнейшему геологическому изучению, лицензированию и освоению месторождений сапропеля.

Методы исследования и объем материала. Учет запасов и прогнозных ресурсов сапропелей по результатам предшествующих геологоразведочных и научно-исследовательских работ проводили с использованием фондовых материалов и опубликованной литературы. Категорийность запасов и прогнозных ресурсов во всех случаях приведена в соответствие с ныне действующими требованиями (Инструкция..., 1988).

В летне-осенний период 2001 года были обследованы 304 водоема (озера, старицы, пруды) в южных районах области. В каждом из них проводили зондирование и опробование донных отложений с оценкой прогнозных ресурсов сапропелей по категории P_2 . Всего были отобраны 332 пробы. Во всех водоемах с помощью шпурового радиометра СРП-68-03 измеряли общую радиоактивность донных отложений, а с использованием переносного ионометра определяли pH, Eh, электропроводность и температуру воды.

Детальные гидрогеохимические исследования выполнены на 20 озерах, расположенных в поймах рек Оби, Томи, Чулыма, Кии, Шегарки и Чети. В 10 озерах отобраны пробы воды на микробиологические исследования.

В лабораториях Томского политехнического университета (ТПУ) определены зольность, влажность и песчанистость донных отложений, а также содержания в них оксидов железа и кальция, микроскопическим способом исследован состав глинистой и песчаной фракций, выполнены биологические и палеонтологические анализы сапропелей, микробиологические анализы сапропелей и озерных вод, нейтронно-активационным методом выявлены уровни накопления в сапропелях микроэлементов, с помощью термодинамических расчетов установлены формы миграции химических элементов в озерных водах и их минералообразующая способность.

Научная новизна:

- показано, что природные условия Томской области являются благоприятными для образования озерных сапропелей;
- установлено, что в условиях Томской области формирование сапропелей происходит в озерах с преимущественно гидрокарбонатно-кальциево-магниевым типом вод с минерализацией от 72.22 до 533.15 мг/л, нейтральной или слабощелочной реакцией и, чаще всего, окислительной обстановкой;
- сапропелевые озера характеризуются высокой биологической продуктивностью. Наряду с водной растительностью и донными организмами в них установлено повышенное количество фито-, зоо- и бактериопланктона. Фитопланктон представлен диатомовыми, жгутиковыми и зелеными водорослями, зоопланктон – инфузориями, дафниями и циклопами, бактериопланктон – гетеротрофными и автотрофными микроорганизмами, включенными в геохимические циклы углерода, азота, железа и серы;

- экспериментальным путем показана роль микробиологических процессов в окислении терригенных минералов и формировании биогенных минералов сапропелей;
- на основе термодинамических расчетов установлена роль комплексных соединений и незакомплексованных ионов в миграции основных макро- и микрокомпонентов;
- определена способность озерных вод к образованию разнообразных вторичных минералов: оксидов, гидроксидов, карбонатов, сульфатов и др.;
- с использованием ряда гидрогеохимических и микробиологических показателей выявлен трофический статус сапропелевых озер.

Практическая значимость:

- выполнен учет запасов и прогнозных ресурсов сапропелей по результатам предшествующих геологоразведочных и научно-исследовательских работ;
- по результатам обследования озер оценены прогнозные ресурсы сапропелей и высокоминерализованных сапропелей;
- впервые предложено использовать в народном хозяйстве высокоминерализованные сапропели с зольностью 85-95 %;
- определены возможные направления использования сапропелей в зависимости от состава их органической и минеральной массы;
- разработаны рекомендации по дальнейшему геологическому изучению, лицензированию и освоению ресурсов сапропелей.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы получены в процессе выполнения хоздоговорных работ с Главным управлением природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР по Томской области. Отдельные разделы диссертации докладывались и обсуждались на ряде региональных и международных научных и научно-практических конференций в Томске (2001, 2002, 2003) и Красноярске (2001).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 работ и одна статья сдана в печать.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 6-ти глав и заключения. Она изложена на 149 страницах машинописного текста, содержит 16 рисунков, 47 таблиц и 4 приложения. Список опубликованной литературы включает 103 наименования.

В первой главе диссертации изложена методика исследований. Во второй главе охарактеризованы природные условия Томской области. Третья глава содержит сведения о запасах и прогнозных ресурсах сапропеля. В четвертой главе рассмотрены состав и свойства сапропелей. Пятая глава посвящена условиям формирования сапропелей. В заключительной главе описаны возможные направления использования сапропелей и предложена концепция их геологического изучения, лицензирования и освоения.

Диссертационная работа выполнена под научным руководством к. г.-м. н., доцента ТПУ В.К. Бернатониса, которому диссертант выражает искреннюю признательность.

За ценные консультации и помощь в проведении полевых и лабораторных исследований автор приносит благодарность сотрудникам ТПУ, НИИ ядерной физики при ТПУ, Сибирского НИИ торфа СО РАСХН (г. Томск), НИИ биологии и биофизики при Томском государственном университете, ГУП Территориальный Центр «Томскгеомониторинг»: к. х. н. В.С. Архипову, к. т. н. С.Г. Маслову, к. ф.-м. н. В.Г. Меркулову, к. б. н. Ю.И. Прейс, к. б. н. В.А. Базанову, к. г.-м. н. В.А. Льготину, к. г.-м. н. Э.Д. Рябчиковой, к. г.-м. н. Н.А. Трифоновой, к. х. н. Р.Ф. Зарубиной, к. г.-м. н. Е.М. Дутовой, к. г.-м. н. Ю.Г. Копыловой, к. г.-м. н. Е.В. Черняеву, к. г.-м. н. П.В. Бернатонису, научным сотрудникам В.М. Марулевой, А.А. Хвощевской, А.Н. Ефимовой, Н.И. Шердаковой, аспирантам Н.А. Антроповой, Т.М. Королевич и Н.О. Тихомировой, лаборанту К.К. Кузеванову.

ОСНОВНЫЕ ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. В результате обобщения материалов торфоразведочных работ и специализированных геологоразведочных и научно-исследовательских работ на озерные сапропели, а также в процессе обследования озер выявлены и учтены значительные запасы и прогнозные ресурсы сапропелей (как сопутствующих полезных ископаемых на месторождениях торфа и собственно озерных). Геологические ресурсы нормальнозольных озерных сапропелей оценены в количестве 1.18 млрд т.

Территория области хорошо увлажнена и поэтому имеет развитую речную сеть, а также большую степень заозеренности (112.9 тыс. озер общей площадью 4451 км²). Количество озер возрастает от южных районов к северным. Они встречаются на поверхности озерно-аллювиальных равнин, речных террас и долин. Значительная их часть приурочена к торфяно-болотным массивам. Благоприятным фактором формирования сапропелевых отложений является высокая биологическая продуктивность озер.

Систематические специализированные работы на сапропель в Томской области не проводились. Оценка сапропелевых ресурсов осуществлялась в основном попутно в процессе проведения геологоразведочных работ на торф.

Сапропели как сопутствующие полезные ископаемые на месторождениях торфа, локализованные под залежами торфа и в озерах, выявлены на 52 торфяных месторождениях и их участках. При этом запасы и прогнозные ресурсы сапропеля составляют (табл. 1): под торфяной залежью (40 месторождений и их участков) – 28958 тыс. т и 13746 тыс. м³ (P₁ – 19953 тыс. т и 2986 тыс. м³, P₂ – 9005 тыс. т и 10760 тыс. м³); в озерах (35 месторождений и их участков) – 41658 тыс. т и 1562 тыс. м³ (C₂ – 23151 тыс. т, P₁ – 7496 тыс. т и 1562 тыс. м³, P₂ –

**Структура запасов и прогнозных ресурсов сапропелей как
сопутствующих полезных ископаемых на месторождениях торфа**

№ № п.п.	№ по кадастру (1997)	Административ- ный район	Месторождение	Запасы и прогнозные ресурсы, тыс. т (* тыс. м ³)				
				под торфяной залежью		в озерах		
				P ₁	P ₂	C ₂	P ₁	P ₂
1	29	Александровский	Ларино				61	
2	460	Каргасокский	Васюганское:					
3			- участок 5	161				
4			- участок 22	797	10760*	66	5551	
5	497		- участок «Югинское»					
6	500		Щучий Мыс (уч. 61)	236				
7	338		Каргасокское 1	265		73		
8	364		Компасское					884
9	379		Кочиядровское					3495
10	395		Трех Озер					457
11	397		Траверное					778
12	512		Большое Окуновое					3334
			Пассал (уч. 63)		247			
13	573	Парабельский	Малаковское		774	11	501	
14	575		Дубровка	103				
15	576		Айгарово	280		478		
16	603	Колпашевский	Комаровка (уч. 177)			268		
17	607		Березовское (уч. 47)	827		1285		
18	617		Карасевое (уч. 42)	1819		2162		
19	630		Колпашевское (уч. 7, 8)	364		443		
20	639		Игнашкино	646				
21	599		Копыловское (уч. 164)		1910			
22	780	Верхнекетский	Центральное (уч. 37)	190		1179		
23	781		Полуденовское (уч.50)	547		3662		
24	736		Костяное Тяпса-Марга (уч. 188)					1865
25	779		Городецкое (уч. 33)		1233			
26	791		Березовское (уч. 81)					198
27	858	Чаинский	Чаинское		100		273	
28	874	Молчановский	Семиозерье	99		1069		
29	905		Колмахтон	599*				
30	898		Закрытое		1110			
31	943	Бакчарский	Суховское (уч. 16)		108		159	
32	935		Озерное	386		412		
33	954		Чаинское	274				
34	977	Кривошеинский	Чангарское 1	1762	680	426		
35	965		Щучье				589	
36	1006	Асиновский	Березовая Грива	290		101		
37	1032		Ишколь	201		290		
38	1034		Кузово	1115		148		
39	1005		Болван		2515		1562*	
40	1024	Тегульдетский	Лучай				362	
41	1217	Шегарский	Гусевское	7113		9665		
42	1230		Кулмановское	622	328			
43	1233		Обское 1	758		204		
44	1313	Томский	Карбышевское	2054*				
45	1321		Таган	209				
46	1244		Рыжиково			47		
47	1270		Большое Клюквенное	135		457		
48	1274		Клюквенное	104				
49	1274		Темное	56				
50	1278		Бочеровское	365				
51	1345	Зырянский	Челбак 3	333*				
52	1444	Кожевниковский	Симанский Бор	229		705		
Всего: 70 616 тыс.т + 15308 тыс. м ³				19953 2986*	9005 10760*	23151	7496 1562*	11011

Структура запасов и прогнозных ресурсов озерных сапропелей
(по результатам предшествующих
научно-исследовательских и геологоразведочных работ)

№№ п.п.	Название озера	Класс (вид) сапропеля	Мощность залежи, м	Стадия работ	Запасы и прогнозные ресурсы, тыс. м ³
Томский район					
1	Кирек	Известковый, органо-железистый, торфянистый	0.2-8.5	Поисково- оценочные	C ₂ – 2242.6 в нулевом контуре
2	Пиявочное	Глинистый	До 8.0	Нет сведений	Не оценены
3	Яково	Органический, органо-силикатный	До 1.2	Детальные поиски	P ₁ -260.0 в нулевом контуре
4	Семиозерки 1	Органический, органо-силикатный	1.3 (среднее)	Детальные поиски	P ₁ – 26.0 в промышленном контуре
5	Семиозерки 3	Опробование не проводилось	–	Детальные поиски	Не оценены
6	Ларино	Органический	0.3-0.6	Поисково- оценочные	Не оценены
7	Гудеево	Кремнистый	0.05-0.35	Поисково- оценочные	C ₂ – 2.0 в нулевом контуре
8	Большеозерское	Органический	До 0.35	Общие поиски	Не оценены
Шегарский район					
9	Жарково	Известковый, органо-известковистый, глинисто- известковистый	2.01 (среднее)	Поисково- оценочные	C ₂ – 907.0 в промышленном контуре
Первомайский район					
10	Малые Чертаны	Органический	0.07-0.6	Детальные поиски	P ₁ – 40.0 в нулевом контуре
11	Чертаны	Органический	1.28 (среднее)	Поисково- оценочные	C ₂ – 973.0 в нулевом контуре
Колпашевский район					
12	Карасевое	Торфянистый, известковый, известково-железистый, органо-железистый, органо-известковистый	До 4.5	Поисково- оценочные	C ₂ – 8652.0 в промышленном контуре
13	Темное	Глинистый	0.05-1.4	Детальная разведка	A – 25.6 в промышленном контуре
14	Круглое	Глинистый	0.3-1.2	Предварительна разведка	C ₁ – 21.1 в нулевом контуре
15	Светлое 1	Органический	До 3.5	Нет сведений	Не оценены
16	Светлое 2	Органический	0.2-0.5	Нет сведений	Не оценены
17	Чистое	Глинистый	До 0.4	5 точек	Не оценены
18	Малое Кривое	Глинистый	0.1-0.2	3 точки	Не оценены
19	Подковка	Глинистый	До 0.3	5 точек	Не оценены
20	Кубышкино	Глинистый	0.3-0.7	5 точек	Не оценены

11011 тыс. т). Суммарные запасы и прогнозные ресурсы сапропелей как сопутствующих полезных ископаемых на месторождениях торфа равны 70616 тыс. т и 15308 тыс. м³.

Из таблицы 1 видно, что основные запасы и прогнозные ресурсы сопутствующих сапропелей локализованы на торфяных месторождениях Каргасокского (31.5%) и Шегарского (21.8%) районов (рис. 1), затем следуют Колпашевский (11.3%), Верхнекетский (10.3%) и Асиновский (7.2%) районы. Доля остальных районов области в балансе запасов и прогнозных ресурсов сопутствующих торфу сапропелей колеблется от 0.1 до 4.0%.

Подторфяные и озерные сапропели в структуре запасов и прогнозных ресурсов представлены практически равными количествами (рис. 2). При этом основной объем сапропелевых отложений был выявлен в процессе проведения детальной и предварительной разведки месторождений торфа. Учитывая низкую степень изученности подавляющего большинства торфяных месторождений области, общие ресурсы сопутствующих им сапропелевых отложений должны быть весьма значительны.

Сапропелевые отложения на торфяных месторождениях области относятся в основном к органическому, органо-силикатному и карбонатному классам. Они пригодны для различных направлений использования: удобрения, мелиоранты, кормовые добавки, лечебные грязи, производство буровых промывочных жидкостей и т.д.

Ресурсы озерных сапропелей. Собственно озерные месторождения сапропеля были изучены в южных районах области при проведении научно-исследовательских (гидрогеологическая партия конторы «Геоминвод», 1974 г.; Томский НИИ курортологии и физиотерапии, 1979 – 1981 гг.; Томский политехнический университет, 2001 г.) и геологоразведочных (ООО «Сапропек», 1991 г.; ПГО «Новосибирскгеология», 1993 г.) работ.

В процессе выполнения предшествующих научно-исследовательских и геологоразведочных работ сапропели были выявлены в 20 озерах (табл. 2). Суммарные запасы и прогнозные ресурсы сапропелей составляют в них 13149.3 тыс. м³, в том числе: А – 25.6 тыс. м³, С₁ – 21.1 тыс. м³, С₂ – 12776.6 тыс. м³, Р₁ – 326.0 тыс. м³. Наиболее перспективными для дальнейшего геологического изучения и освоения являются сапропели озер Кирек, Пиявочное, Яково, Семиозерки 1 (Томский район), Жарково (Шегарский район), Чертаны (Первомайский район), Карасевое, Темное, Круглое и Светлое 1 (Колпашевский район).

В 2001 году в южных районах области нами были обследованы 304 озера (их участка) и старых пруда, в том числе в Кожевниковском районе – 50, Кривошеинском – 70, Томском – 45, Асиновском – 71, Зырянском – 43 и Шегарском – 25. Суммарная площадь зеркала воды изученных водоемов составила 2487.93 га.

Сапропелевые отложения с зольностью до 85 % нами установлены в 69 водоемах на площади 844.99 га. Их суммарные прогнозные ресурсы по категории Р₂ составляют 6606.3 тыс. т (табл. 3). Удельные ресурсы сапропелей равны 2.66 тыс. т/1 га водоема. Геологические

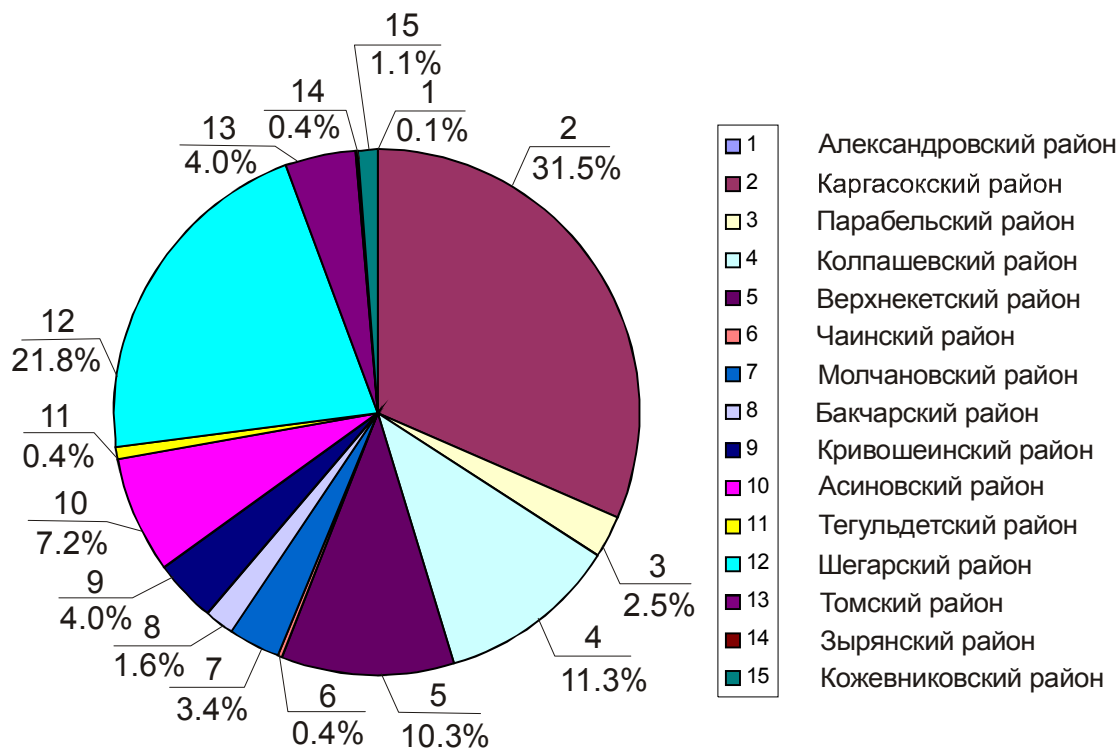


Рис. 1. Региональная структура запасов и прогнозных ресурсов сапропелей как сопутствующих полезных ископаемых.

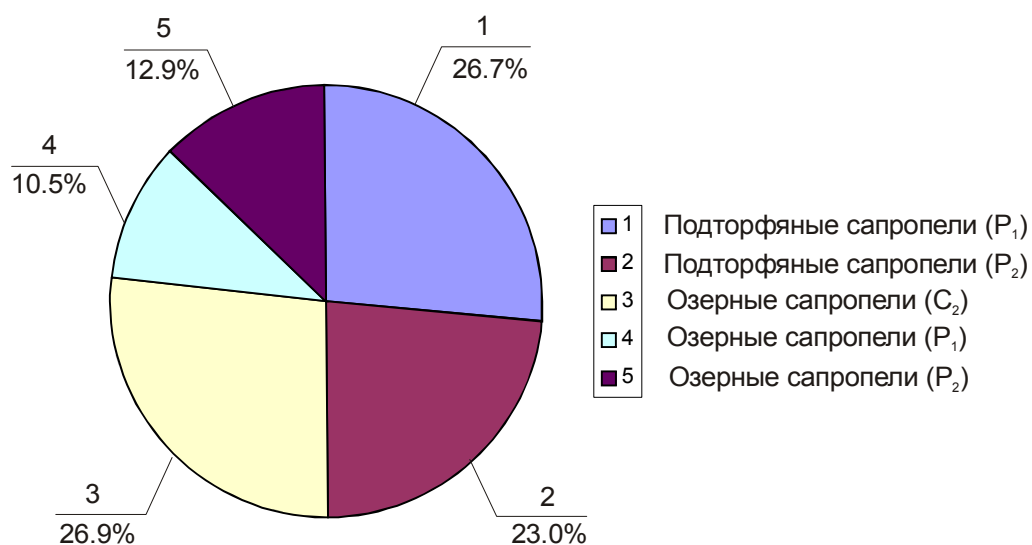


Рис. 2. Структура запасов и прогнозных ресурсов сапропелей как сопутствующих полезных ископаемых по условиям залегания и степени изученности.

ресурсы озерных сапропелей, оцененные нами исходя из удельной сапропеленосности озер, составляют 1.18 млрд т.

Таблица 3

Прогнозные ресурсы озерных сапропелей в южных районах области
(по результатам работ Томского политехнического университета)

Административный район	Количество озер (участков)	Общая площадь озер, га	Суммарные прогнозные ресурсы по категории P ₂ , тыс. т
Кожевниковский	28	294.35	1465.4
Кривошеинский	10	31.18	299.9
Томский	4	36.26	79.4
Асиновский	10	87.80	448.0
Зырянский	11	310.40	3629.0
Шегарский	6	85.00	684.6
Всего	69	844.99	6606.3

В Томской области сапропели используются в очень ограниченных количествах. Колхозом СПК «Луговое» получена лицензия на использование сапропелей озера Жарково (Шегарский район, 58.4 га) в сельскохозяйственных целях. В лечебных целях сапропели уже длительное время используются в Колпашевском районе ГЛСРУ «Санаторий Чажемто» (оз. Карасевое, 156 га). Выданы также лицензии на разработку сапропелей еще 3-м недропользователям: АОЗТ «Сапропель» (ЮВ часть оз. Карасевое Колпашевского района, 58.4 га), ОАО «Синий Утес» (оз. Кирек Томского района, участок № 2 в ЮВ части озера, 0.06 га), ООО «Сапропек» (оз. Кирек, 0.45 га).

2. Перспективным видом сырья являются высокоминерализованные сапропели (A = 85-95 %). Их геологические ресурсы составляют в области 2.8 млрд т. Использование этих образований в народном хозяйстве позволяет значительно расширить сырьевую базу сапропелей.

Наряду с обычными сапропелями в южных районах области нами были выявлены органно-минеральные отложения с зольностью 85 – 95 %, которые мы предлагаем относить к высокоминерализованным сапропелям. Такие сапропели установлены в 221 водоеме с общей площадью зеркала воды 1508.71 га. Прогнозные ресурсы высокоминерализованных сапропелей по категории P₂ составляют 15640.8 тыс. т (табл. 4). Удельные ресурсы этих сапропелей достигают 6.29 тыс. т/1 га водоема. Их геологические ресурсы в области, оцененные по статистическому способу, равны 2.8 млрд. т.

По составу органических компонентов и минеральной массы высокоминерализованные сапропели практически не отличаются от обычных сапропелей. В зависимости от состава они могут использоваться в народном хозяйстве в качестве удобрений, мелиорантов и для нейтрализации кислых почв, а также для приготовления буровых промывочных жидкостей. Поэтому высокоминерализованные сапропели должны изучаться на всех стадиях

геологоразведочных работ с обязательным подсчетом запасов или оценкой прогнозных ресурсов.

Таблица 4

Прогнозные ресурсы высокоминерализованных озерных сапропелей
в южных районах области
(по результатам работ Томского политехнического университета)

Административный район	Количество озер (участков)	Общая площадь озер, га	Суммарные прогнозные ресурсы по категории Р ₂ , тыс. т
Кожевниковский	22	155.93	1316.1
Кривошеинский	58	193.00	1980.7
Томский	40	176.05	1630.4
Асиновский	54	564.08	6338.7
Зырянский	31	304.60	3468.9
Шегарский	16	115.05	906.0
Всего	221	1508.71	15640.8

3. Исследованные озерные сапропели относятся в основном к органно-силикатному и силикатному классам. На основе изучения состава и свойств сапропелей определены возможные направления их использования в народном хозяйстве. Освоение ресурсов подторфяных и озерных сапропелей на месторождениях торфа не целесообразно.

Изученные нами сапропелевые отложения локализованы главным образом в пойменных озерах. Поэтому большинство из них по содержанию золы относится к группе высокозольных (65.22 % - 45 озер), следом идет группа повышеннозольных сапропелей (20.29 % - 14 озер), затем средnezольных (11.59 % - 8 озер) и, наконец, малозольных (2.90 % - 2 озера).

Из минеральной составляющей сапропелей были выделены песчаная и глинистая фракции. Преобладает песчаная фракция (80.0 – 99.6 %, среднее содержание 96.3 %), а глинистая находится в подчиненном положении.

Важным компонентом сапропелей является органическое вещество. Установлено, что основную его часть в сапропелях Томской области составляет аморфный детрит, содержание которого колеблется от 15 % до 80 % на органическое вещество, достигая в отдельных случаях 90 %.

Фауна представлена моллюсками (гастроподами – *Planorbis planorbis* Linne., *Galba glabra* Mull., *Lumnaea* sp. Lam., *Valvata cristata* Mull., *Ancylus fluviatilis* Mull., *Anisus* (*Spiralina*) *vortex* Linne., *Vitrea cristallina* Fitzinger, *Radix auricula* Linne., *Succinea putris* Linne., *Conchlicopa lubrica* Risso, *Radix auricula* Linne и двустворками – *Corbicula fluminalis* Mull., *Pisidium amnicum* Pfeiffer), реже остракодами. Из растительных остатков, кроме детрита, часто присутствуют семена двух видов покрытосеменных.

Значительную часть органического вещества сапропелей составляют водоросли. В исследованных нами сапропелях широко распространены диатомовые, реже жгутиковые и зеленые водоросли. Диатомовые водоросли определены в 75.36 % сапропелевых проб. Их количество достигает 21 % на органическое вещество. Жгутиковые и зеленые водоросли большой роли в образовании органического вещества не играют. Наряду с аморфным детритом и водорослями выявлены остатки животных организмов и водной растительности, которые также принимают участие в образовании органического вещества сапропелей. Остатки животных составляют 5 – 15 % органического вещества, а водной растительности от 5 до 30 %, а в ряде случаев до 50 %.

На потребительские свойства сапропелей оказывает влияние их химический состав (макро- и микрокомпонентный). Содержание Fe_2O_3 в исследованных сапропелях колеблется от 0.45 % до 30.45 %, CaO – от 0.05 % до 27.37 %, Na – от 0.01 % до 0.79 % на сухое вещество. Содержание подавляющего большинства микрокомпонентов в сапропелях Томской области не превышает их кларковых концентраций. Только средние содержания Sc и Co несколько выше кларка.

Естественная радиоактивность сапропелей не превышает фоновых значений и колеблется от 4.6 до 11.5 мкР/ч.

Большинство изученных нами сапропелевых отложений области (92.7 %) относится к кластогенному типу, органно-силикатному и силикатному классам. В современных экономических условиях наиболее рационально использовать их в качестве удобрений, мелиорантов, раскислителя почв, кормовых добавок, лечебных грязей и для производства буровых промывочных жидкостей, то есть в тех направлениях, которые не требуют больших капитальных затрат на создание добывающих и перерабатывающих предприятий.

Перспективными для дальнейшего геологического изучения и освоения из исследованных нами месторождений сапропеля являются КОС – 1 (озеро без названия), КОС – 16 (пруд на р. Кумлова), КОС – 18 (пруд), КОС – 19 (озеро без названия), КОС – 21 (озеро без названия), КОС – 40 (озеро без названия), КОС – 44 (озеро без названия), КОС – 50 (пруд) в Кожевниковском районе, ТОС – 45 (пруд на р. Порос) в Томском, АСС – 49 (старица р. Кужербак) в Асиновском, ЗЫС – 23 (пруд), ЗЫС – 40 (оз. Марчиха) в Зырянском, ШЕС – 4 (оз. Жарково, северная часть), ШЕС – 18 (озеро без названия), ШЕС – 21 (пруд), ШЕС – 25 (озеро без названия) в Шегарском. В их числе из-за повышенных содержаний CaO можно рекомендовать для разработки месторождения ТОС – 45 (CaO – 10.92 %), ШЕС – 4 (CaO – 17.23 %), ШЕС – 18 (CaO – 27.37 %), ШЕС – 21 (CaO – 11.91 %).

Использование сапропелей как сопутствующих полезных ископаемых на месторождениях торфа возможно в тех же направлениях, что и обычных озерных сапропелей.

Однако их освоение экономически не целесообразно из-за сложных горнотехнических условий.

В настоящее время в Томской области сапропелевое сырье востребовано слабо. Это обусловлено отсутствием платежеспособного спроса на него и, главным образом, целым рядом неценовых факторов. Поэтому необходима разработка адаптированной к условиям экономики переходного типа концепции изучения, освоения и лицензирования месторождений сапропеля.

Область располагает значительными прогнозными ресурсами и запасами сапропелей. Освоение этих ресурсов возможно лишь при условии формирования устойчивого потребительского спроса, проведения геолого-экономической оценки месторождений и эффективного управления ресурсами.

4. Основными региональными факторами сапропелеобразования являются: гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-магниевый тип озерных вод, миграция подавляющего большинства компонентов в виде незакомплексованных ионов, значительная минералообразующая способность озерных вод, повышенное количество фито-, зоо- и бактериопланктона.

Характер сапропелеобразования и микробиологических процессов в озерах определяется в основном трофическим статусом водоемов. В эвтрофных (гиперэвтрофных) озерах преобладают процессы продукции органического вещества над его деструкцией, а в дистрофных водоемах, наоборот, доминирует разложение остатков растений и животных.

Гидрогеохимические особенности сапропелевых озер. В исследованных озерах преимущественным развитием пользуются гидрокарбонатно-сульфатные воды кальциево-магниевого катионного состава. Встречаются также гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридные, гидрокарбонатно-хлоридные, гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатные, гидрокарбонатно-сульфатные и гидрокарбонатные геохимические типы вод пестрого катионного состава: Ca – Mg, Ca – Mg – Na, Ca – Na, Ca. Минерализация вод колеблется от 72.22 до 533.15 мг/л, составляя в среднем 254.71 мг/л. Их общая жесткость варьирует от 0.4 до 6.2 мг-экв/л. Реакция вод нейтральная или слабощелочная (pH = 6.88-8.46). Режим озер чаще всего окислительный (Eh = +32 - +237 мВ). Лишь в зарастающих озерах с торфянистым видом сапропеля наблюдается восстановительная обстановка (Eh от –43 до –82 мВ). Электропроводность вод изменяется от 0.079 до 0.512 мСм/см.

Содержания основных ионов, определяющих химический тип озерных вод, составляют (мг/л): HCO_3^- - 48.8-439.2; SO_4^{2-} - 2.0-14.0; Cl^- - 4.26-21.3; Ca^{2+} - 8.0-92.0; Mg^{2+} - 1.22-19.52; Na^+ - 0.6-9.1; K^+ - 0.6-8.9. Концентрации остальных компонентов в водах низкие (мг/л): NO_3^- - 0.13-0.52; NO_2^- - не обнаружен; CO_3^{2-} - 3.0-12.0; PO_4^{3-} - 0.007-0.170; NH_4^+ - 0.247-1.444; $\text{Fe}_{\text{общ.}}$ - 0.09-4.35.

Обращает на себя внимание высокое содержание в водах органических веществ, в силу чего они нередко приобретают желтовато-бурый цвет. Цветность вод колеблется от 13.9 до 104.4 градусов по Pt-Co шкале. Перманганатная окисляемость изменяется от 2.00 до 18.56 мгО₂/л. Бихроматная окисляемость (ХПК) составляет 9.0-100.0 мгО₂/л. Содержание С_{орг.} варьирует в пределах 3.3-37.5 мг/л.

Обогащение вод органическими соединениями обусловлено высокой биологической продуктивностью сапропелевых озер. Наряду с водной растительностью для них характерно повышенное количество фито-, зоо- и бактериопланктона.

Фитопланктон представлен в изученных озерах жгутиковыми и диатомовыми водорослями, а зоопланктон – инфузориями, дафниями и циклопами.

В водах сапропелевых озер выявлен большой комплекс микрокомпонентов. Повышенные концентрации (мкг/л) характерны для Al (60.0 – 135.0), Si (189.0 – 9720.0), Li (1.0 – 11.0), Sr (80.0 – 1150.0), I (10.0 – 23.0), Br (<10.0 – 250.0), F (23.0 – 396.0), Zn (4.0 – 40.0), Ni (<0.6 – 8.5), Ti (4.2 – 22.5), Mn (4.2 – 73.0), Cr (<0.63 – 18.67) и Ba (10.7 – 303.9). Содержания других микрокомпонентов, в том числе биологически активных (Cu, Co, Mo, V и др.) и токсичных (Hg, Pb, Sb, Cd, As и др.), низкие.

Формы миграции элементов в озерных водах. Макрокомпоненты мигрируют в озерных водах, согласно выполненным нами термодинамическим расчетам, преимущественно в виде собственных незакомплексованных ионов, доля которых для натрия составляет 99.14-99.86%, магния – 93.771-98.583%, кальция – 90.672-98.374%. Роль комплексных соединений в миграции этих макрокомпонентов весьма невелика. У натрия они представлены гидрокарбонатными (0.12-0.85%), карбонатными (0.01-0.08%) и сульфатными (0.01-0.02%) формами, магния – гидрокарбонатными (0.733-4.388%), карбонатными (0.041-2.930%), сульфатными (0.195-0.911%), фторидными (0.006-0.024%) и хлоридными (0.001-0.01%), кальция – карбонатными (0.089-6.149%), гидрокарбонатными (0.753-4.496%), сульфатными (0.209-0.978%) и хлоридными (0.01-0.03%). При этом заметное значение в миграции макрокомпонентов комплексные соединения приобретают в озерах ТОС – 3 (эвтрофное с признаками мезотрофности) и ЗЫС – 40 (эвтрофное).

Формы миграции микрокомпонентов более разнообразны. Значительную роль собственные ионы играют в миграции марганца, железа закисного и цинка, а комплексные соединения – железа окисного, меди и свинца.

Минералообразующая способность озерных вод. Миграция элементов в озерных водах лимитируется их способностью к образованию разнообразных вторичных минералов. Оценку равновесности вод с алюмосиликатными минералами проводили путем нанесения данных состава вод, контролирующих то или иное минеральное равновесие, на построенные по методике Р.М. Гаррела и Ч.Л. Крацста диаграммы полей устойчивости конкретных

минералов (рис. 3). Кроме того, по методике М.Б. Букаты рассчитывали показатели состояния системы «вода-порода» (индексы неравновесности) для широкого спектра минералов.

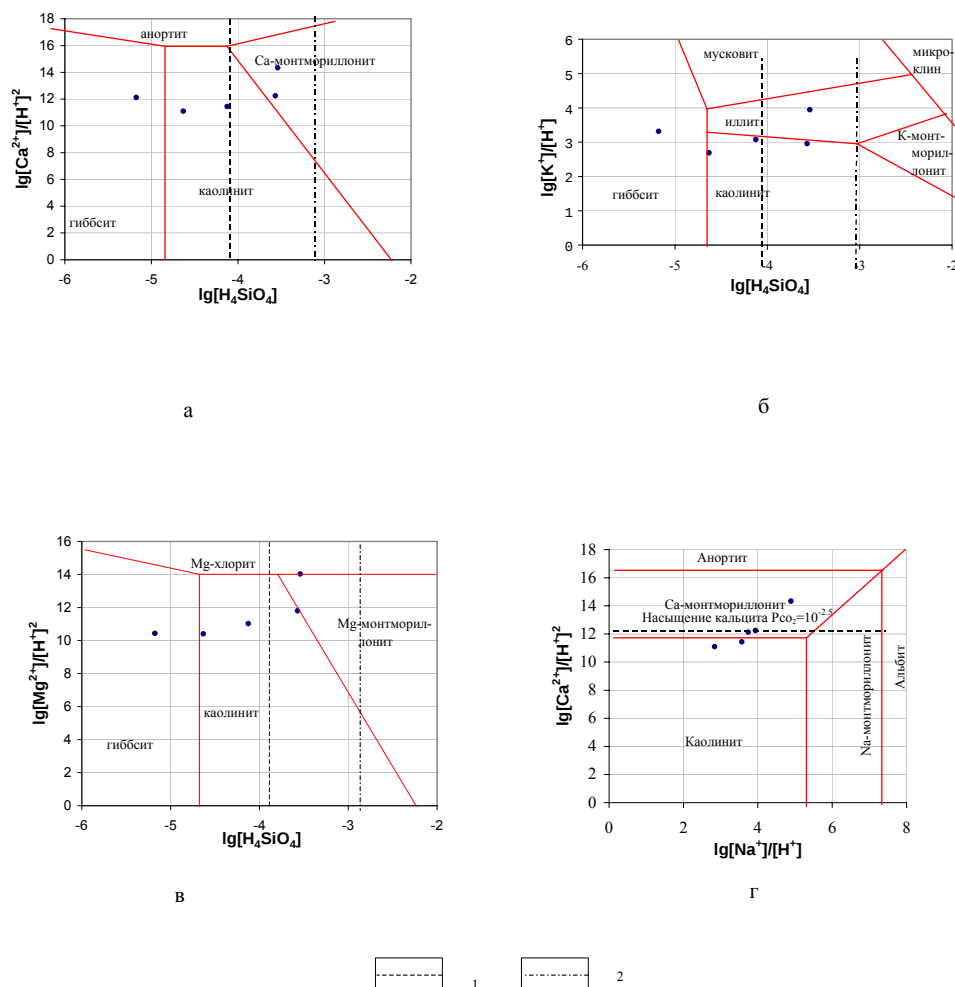


Рис. 3. Диаграммы равновесия в системе вода – алюмосиликаты при стандартных условиях с нанесением данных по составу вод: а – система $\text{HCl} - \text{H}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CO}_2 - \text{CaO} - \text{SiO}_2$; б – система $\text{HCl} - \text{H}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CO}_2 - \text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$; в – система $\text{HCl} - \text{H}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CO}_2 - \text{MgO} - \text{SiO}_2$; г – система $\text{HCl} - \text{H}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CO}_2 - \text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{SiO}_2$ при $\lg[\text{H}_4\text{SiO}_4] = -3,5$. 1 – 2 – границы растворимости кварца (1) и аморфного кремнезема (2).

Признаком равновесности озерных вод (на диаграммах) по отношению к тому или иному минералу является положение точки состава воды в поле устойчивости этого минерала. В свою очередь, положительные значения индексов неравновесности свидетельствуют о способности системы к образованию тех или иных минералов, а отрицательные – к их разрушению. Исходя из этого, можно сделать вывод, что все изученные озерные воды недонасыщены относительно анортита, мусковита, микроклина, альбита, Mg-, K- и Na-монтмориллонита, ряда оксидов и гидроксидов, большинства карбонатов, всех сульфатов и галогенидов. В тоже время они равновесны с гиббситом, каолинитом, Са-монтмориллонитом,

иллитом, Mg-хлоритом, гетитом, иногда с кварцем, арагонитом, кальцитом, доломитом, сидеритом, стронцианитом, церусситом и малахитом. Все эти минералы способны к выпадению из озерных вод, выводя из них соответствующие элементы.

Микрофлора озерных вод. Микробиологическими исследованиями установлено, что в озерных водах доминируют гетеротрофные бактерии, включенные в геохимические циклы углерода, азота и железа. Исключением являются лишь азотфиксирующие бактерии, обнаруженные только в одной пробе воды. Их развитие обусловлено симбиотическими взаимоотношениями с корневой системой водной растительности. Поэтому роль азотфиксирующих микроорганизмов должна быть более значительной в придонных слоях воды зарастающих озер.

Менее развиты в количественном отношении автотрофные бактерии, такие как нитрифицирующие микроорганизмы и автотрофные штаммы железобактерий. Следует отметить, что последние плохо выявляются при прямом микроскопировании препаратов, полученных путем внесения исследуемых проб в питательные среды.

Доминирующими морфологическими типами микроорганизмов озерных вод являются палочковидные, реже встречаются кокки, спириллы и коринеформные бактерии. Среди микроорганизмов с характерной морфологией выявлены *Leptothrix*, *Beggiatoa*, *Spirillum*, *Myxobacterium*, *Arthrobacter*, *Thiovulum*, *Azotobacter* и *Caulobacter*.

Следует отметить, что между содержанием в водах органического вещества и численностью гетеротрофных бактерий прямой связи не наблюдается. Эти связи обычно нарушаются из-за антагонистических взаимоотношений бактерио-, фито- и зоопланктона.

Микрофлора донных отложений. Из-за различий физико-химических условий в сапропелях развиваются несколько иные микробные ценозы, нежели в озерных водах. Так, в сапропелях отсутствуют нитрифицирующие микроорганизмы и автотрофные железобактерии. Здесь выявлены сульфатвосстанавливающие бактерии и метанобразующие микроорганизмы, живущие в обедненных кислородом условиях. Наблюдается также снижение роли аллохтонных сапрофитных бактерий и увеличение количества автохтонных микроорганизмов в иловых отложениях по сравнению с водами озер.

Кроме того, донные отложения имеют большую степень бактериальной обсемененности, чем озерные воды. Общее количество клеток бактерий в 1 г сырого ила составляет 6.3 – 9.5 млн, в то время как в озерных водах лишь 0.04 – 2.6 млн в 1 мл воды.

Результаты наших экспериментальных исследований по вторичному микробиологическому илообразованию, выполненные по методике Б.В. Перфильева, свидетельствуют о том, что отложение в озерах гидроксидов железа в значительной степени обусловлено микробиологическими процессами. Другие типы озерных осадков также

формируются, по-видимому, при участии микроорганизмов, имеющих различную геохимическую специализацию.

Трофический статус сапропелевых озер. Содержание растворенного органического вещества и азота общего, отношение (Na+K) к (Ca+Mg) и индекс олиготрофности (отношение численности олиготрофных бактерий к количеству микроорганизмов, растущих на мясо-пептонном агаре) свидетельствуют о принадлежности исследованных озер к эвтрофному типу (табл. 5). Правда, четыре озера по некоторым параметрам имеют признаки олиго- и мезотрофности.

Таблица 5

Трофический статус озер

№ № п. п.	Шифр озера	C _{орг.} , мг/л	N _{общ.} , мг/л	Олиготрофные/ гетеротрофные бактерии, тыс. кл./мл	Индекс олиготрофнос- ти	Na+K Ca+Mg	Трофический статус озер		
							олиго- трофные	мезо- трофные	эвтрофные
1	АСС-14	18.3	0.998	210/510	0.4	0.18			+
2	АСС-15	8.8	0.765	67/370	0.2	0.17			+
3	АСС-26	4.1	0.426	1730/865	2.0	0.18	+	+	+
4	АСС-48	10.1	1.435	42/124	0.3	0.20			+
5	АСС-65	6.0	1.062	378/1005	0.4	0.29			+
6	ТОС-1	3.3	0.377	---	---	0.45	+		+
7	ТОС-3	14.2	1.679	13.2/27	0.5	0.36		+	+
8	ТОС-9	12.7	1.784	---	---	0.22			+
9	КОС-1	4.5	0.775	336/112	3.0	0.14	+	+	+
10	КОС-16	10.8	1.064	---	---	0.19			+
11	КОС-26	15.0	1.462	---	---	0.16			+
12	ЗЫС-13	7.5	0.730	133.5/173.2	0.8	0.07		+	+
13	ЗЫС-25	27.3	0.681	---	---	0.30			+
14	ЗЫС-40	37.5	1.297	---	---	0.11			+
15	КРС-36	16.5	1.454	---	---	0.18			+
16	КРС-42	16.1	1.650	---	---	0.33			+
17	КРС-23	8.2	0.621	360/1320	0.3	0.09			+
18	ШЕС-3	8.4	1.059	17.6/1320	0.01	0.15			+
19	ШЕС-18	11.2	0.906	---	---	0.09			+
20	ШЕС-19	16.1	1.586	---	---	0.16			+
Показатели трофического статуса озер									
C _{орг.} , мг/л (Л.А. Калинина, Э.А. Румянцева, 1980)							1.7-6.0		6.0-13.0
N _{общ.} , мг/л (С. Forsberg, S.O. Ryding, 1980)							<0.4	0.4-0.6	0.6-1.5
Индекс олиготрофности (Т.В. Аристовская, 1965)							>1.0	1.0-0.5	<0.5
(Na+K):(Ca+Mg) (А.А. Zafar, 1959)							>2.0	2.0-1.2	<1.2

Показателем трофического статуса озер является также уровень их гумификации, обусловленный степенью насыщенности воды гуминовыми соединениями, определяющими ее цветность. По ее величине изученные озера относятся в основном к мезо- и олигогумозным, реже к ультра- и полигумозным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Территория Томской области характеризуется благоприятными условиями для формирования сапропелей. Она имеет высокую степень заболоченности (до 40 %), заторфованности (24.4 %) и заозеренности (112.9 тыс. озер с суммарной площадью зеркала

воды 4451 км²). Значительное количество озер приурочено к поймам рек и крупным торфяно-болотным массивам водораздельного типа, что накладывает определенные особенности на процесс отложения сапропелей. Образованию сапропелей способствует высокая биологическая продуктивность озер, обусловленная природно-климатическими условиями региона.

Оценка сапропелей осуществлялась в основном попутно при проведении геологоразведочных работ на торф. Сапропели как сопутствующие полезные ископаемые, локализованные под залежами торфа и в озерах, выявлены на 52 торфяных месторождениях и их участках. Их суммарные запасы и прогнозные ресурсы составляют 70616 тыс. т и 15308 тыс. м³.

Предшествующими специализированными геологоразведочными и научно-исследовательскими работами, проводившимися в небольших объемах в период с 1974 по 1993 г., выявлено 20 месторождений озерных сапропелей с суммарными запасами и прогнозными ресурсами 13149.3 тыс. м³. В качестве перспективных для освоения были рекомендованы сапропели озер Кирек, Пиявочное, Яково, Семиозерки 1 (Томский район), Чертаны (Первомайский район), Карасевое, Темное, Круглое и Светлое 1 (Колпашевский район).

В процессе выполнения диссертационной работы в южных районах Томской области нами были обследованы 304 озера и старых пруда. В 69 водоемах выявлены отложения сапропелей с зольностью до 85 %. Их суммарные прогнозные ресурсы по категории Р₂ составили 6606.3 тыс. т, а удельные – 2.66 тыс. т/1 га водоема. Геологические ресурсы озерных сапропелей в области, оцененные по статистическому способу, равны 1.18 млрд т.

Кроме того, в 221 водоеме автором установлены выскоминерализованные сапропели с зольностью 85-95 %. Их суммарные прогнозные ресурсы по категории Р₂ составили 15640.8 тыс. т, а удельные – 6.29 тыс. т/1 га водоема. Геологические ресурсы таких сапропелей оценены в количестве 2.8 млрд т.

Основная масса сапропелей исследованных озер, согласно ныне действующей классификации, относится к кластогенному типу, органо-силикатному и силикатному классам. Так как опробыванию были подвергнуты в основном пойменные озера, то большая часть сапропелей принадлежит к группе высокозольных. Основу минеральной части сапропелей составляет песчаная фракция. Содержание глинистой фракции колеблется от 2 до 10 %. Органическая масса сапропелей представлена аморфным детритом (15 – 90 %), диатомовыми, жгутиковыми и зелеными водорослями (1 – 21 %), остатками животных (5 – 15 %) и водной растительности (5 – 50 %).

Содержание оксидов, являющееся одним из видовых признаков сапропеля, составляет (%): Fe₂O₃ – 0.45-30.45; CaO – 0.05-27.37. Концентрация микрокомпонентов обычно не

превышает их кларковых содержаний (за исключением скандия и кобальта). Естественная радиоактивность сапропелей всегда ниже фоновых значений.

Для сапропелевых озер области характерны гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-магниево-магнелиевые воды с минерализацией 72.22 – 533.15 мг/л, величинами pH от 6.88 до 8.46 и Eh от -82 до +237 мВ. Они имеют значительные концентрации растворенных органических веществ, что предопределяет формы миграции большинства макро- и микрокомпонентов.

Согласно данным термодинамических расчетов, макрокомпоненты находятся в водах преимущественно в виде незакомплексованных ионов, а микрокомпоненты мигрируют также в составе комплексных соединений. Расчеты равновесности озерных вод с некоторыми минералами показали, что они способны к вторичному минералообразованию, лимитирующему водную миграцию элементов. Озерные воды равновесны с рядом оксидов и гидроксидов, карбонатов и силикатов.

Микробиологическими исследованиями выявлена высокая степень бактериальной обсемененности озерных вод и донных отложений. Причем микробиологические процессы интенсивнее протекают в донных отложениях, так как здесь более разнообразен видовой состав микрофлоры и выше общая численность бактерий. Микробные процессы играют большую роль в формировании сапропелей. Экспериментальными исследованиями автора, моделирующими природную обстановку сапропелевых озер области, установлена значительная роль микробных процессов в формировании биогенных минералов сапропелей.

Сапропелевые озера области по целому ряду гидрогеохимических и микробиологических показателей относятся к эвтрофному типу. В них преобладают процессы продукции органического вещества над его деструкцией.

Сапропелевые ресурсы Томской области освоены слабо. В настоящее время осуществляется разработка лишь трех месторождений сапропеля: озеро Карасевое (Колпашевский район), озеро Кирек (Томский район) и озеро Жарково (Шегарский район).

Перспективными направлениями применения сапропелей являются: медицина, сельское хозяйство, приготовление буровых промывочных жидкостей и сорбентов. Высокоминерализованные сапропели можно использовать для улучшения структуры почв, нейтрализации кислых почв, а также для производства буровых промывочных жидкостей. Разработка сапропелей, расположенных в озерах на месторождениях торфа и под торфяной залежью, в настоящее время экономически не рентабельна из-за сложных горнотехнических условий.

Выявлены перспективные для дальнейшего геологического изучения и освоения месторождения озерных сапропелей. К ним относятся: КОС – 1, КОС – 16, КОС – 18, КОС – 19, КОС – 21, КОС – 40, КОС – 44, КОС – 50 в Кожевниковском районе; ТОС – 45 в Томском;

АСС – 49 в Асиновском; ЗЫС – 23, ЗЫС – 40 в Зырянском, ШЕС – 4, ШЕС – 18, ШЕС – 21, ШЕС – 25 в Шегарском.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Бернатонис В.К., Буркатовский Б.А., Кудашев И.Г. Изменчивость основных оценочных параметров на месторождениях торфа // Региональная геология. Геология месторождений полезных ископаемых: Материалы Международной научно-технической конференции «Горно-геологическое образование в Сибири. 100 лет на службе науке и производству». – Томск: Изд-во ТПУ, 2001. – С. 181-188.

2. Кудашев И.Г., Надеина И.А. Болотные фосфаты и карбонаты Томской области // Проблемы геологии и освоения недр: Труды Пятого Международного симпозиума им. академика М.А. Усова студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск: STT, 2001. – С. 254-255.

3. Бернатонис В.К., Архипов В.С., Кудашев И.Г., Надеина И.А., Королевич Т.М., Тихомирова Н.О. Концептуальные подходы к освоению озерно-болотных минеральных ресурсов Томской области // Роль минерально-сырьевой базы Сибири в устойчивом функционировании плодородия почв: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Красноярск, 2001. – С. 78-81.

4. Бернатонис В.К., Кудашев И.Г. Совершенствование методики оконтуривания и подсчета запасов месторождений торфа // Известия Томского политехнического университета. – 2001. – Т. 304. – Вып. 1. – С. 148-154.

5. Кудашев И.Г. Сапропелевые ресурсы Томской области // Проблемы геологии и освоения недр: Труды Пятого Международного симпозиума им. академика М.А. Усова студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск: STT, 2001. – С. 253-254.

6. Кудашев И.Г. Озерные сапропели южных районов Томской области // Проблемы геологии и освоения недр: Труды Шестого Международного научного симпозиума им. академика М.А. Усова студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск: Изд-во НТЛ, 2002. – С. 217-218.

7. Бернатонис В.К., Трифонова Н.А., Кудашев И.Г., Бернатонис П.В. Микрофлора сапропелевых озер Томской области // Известия Томского политехнического университета. Геология, поиски и разведка полезных ископаемых Сибири. – 2002. – Т. 305. – Вып. 6. – С. 337-347.

8. Бернатонис В.К., Кудашев И.Г., Копылова Ю.Г., Рябчикова Э.Д., Трифонова Н.А., Бернатонис П.В., Архипов В.С., Маслов С.Г., Меркулов В.Г. Гидрогеохимические особенности сапропелевых озер Томской области // Обской вестник. – 2003 (в печати).

9. Бернатонис В.К., Архипов В.С., Маслов С.Г., Кудашев И.Г., Яковлев В.Г., Антропова Н.А., Трифонова Н.А., Рябчикова Э.Д., Бернатонис П.В. Сапропелевые ресурсы Томской области и перспективы их использования // Высокие технологии добычи, глубокой переработки и использования болотно-озерных отложений: Тезисы докладов Международной научно-практической конференции. – Томск: Сибирский НИИ торфа СО РАН, 2003. – С. 15-16.

10. Бернатонис В.К., Кудашев И.Г., Архипов В.С., Маслов С.Г., Бернатонис П.В. Озерные сапропели Томской области // Вестник Томского государственного университета. Серия «Науки о Земле» (геология, география, метеорология, геодезия). Приложение № 3. – 2003. – С. 210-213.

11. Бернатонис В.К., Кудашев И.Г., Бернатонис П.В., Архипов В.С. Сапропели как сопутствующие полезные ископаемые на торфяных месторождениях Томской области // Вестник Томского государственного университета. Серия «Науки о Земле» (геология, география, метеорология, геодезия). Приложение № 3. – 2003. – С. 213-215.