

## НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 55 (571.56+571.65)

### Угольные месторождения арктической зоны Якутии и Чукотки: состояние сырьевой базы и возможности её освоения

Н.С. Батугина, В.Л. Гаврилов, Е.А. Хоютанов, В.И. Федоров

*Рассмотрено состояние ресурсной базы углей в пределах Чукотского автономного округа и заполярных районов Республики Саха (Якутия). Приведен сравнительный анализ запасов двух регионов и рассмотрены возможности их освоения. На основе разработанной структуры сформирована база данных по угольным месторождениям и проявлениям арктической зоны Северо-Востока России. Создана база данных по Таймыльскому месторождению каменного угля и богхедов и построены его цифровые модели. Показано, что наращивание угледобычи сдерживается как очень сложными условиями доставки твердого топлива от мест добычи до потребителей, так и необходимостью геолого-экономической переоценки разведанных запасов по современным экономическим критериям с выявлением эффективных и неэффективных залежей для определения реального состояния сырьевой базы угольных месторождений арктической зоны России.*

Ключевые слова: Арктика, Северо-Восток России, уголь, запасы, ресурсы, угленосность, изученность, разведанность, перспективы добычи угля.

*The state of the coal resources in Chukotka and the polar regions of the Republic of Sakha (Yakutia) is considered. A comparative analysis of reserves of the regions is shown and the possibilities of their development are described. Database of coal deposits and occurrences of the Arctic zone of the North-East of Russia, including related tables with geographic, geological, technological, economic, logistical and other indicators is generated based on collected, analyzed and selected sources of information. Database of Taymyl'sky deposits of coal and algal coal is created and its vector, frame and modular digital models are constructed. It is shown that increase of coal mining is restrained as very difficult conditions of delivery of solid fuels from mining to consumers so the necessity for geological and economic revaluation of proven reserves for modern economic restricts to identify effective and ineffective deposits. This is necessary to determine the actual state of the resource base of coal deposits of the Russian Arctic.*

Key words: Arctic, coal, reserves, resources, survey, exploration, coal mining prospects.

#### Введение

Арктическая зона Северо-Востока Российской Федерации (Чукотский автономный округ (АО) и пять приморских районов Республики Саха (Якутия)) в геологическом отношении исследована слабо и крайне неравномерно. Это касается и её угольной составляющей – индекс

изученности (процентное отношение балансовых запасов к общим ресурсам) составляет менее 0,1% для северо-востока РС(Я) и 1% для Чукотского АО. В относительно изученной южной части Дальнего Востока – 11% при 7% в среднем по России (ВСЕГЕИ, В.И. Вялов, А.Б. Гуревич, 2008 г.).

В настоящее время сложилось устойчивое мнение о том, что в недрах северо-восточной Арктики сосредоточено значительное количество разведанных запасов углей Дальневосточного региона, а сырьевая база подготовлена для снабжения энергетики на многие сотни лет. При этом для обеспечения арктических районов Якутии весь уголь завозится, а на Чукотке 60% потребляемого угля является привозным. В связи с этим целесообразно проанализировать состояние угольной базы арктической зоны этих районов и

---

БАТУГИНА Наталья Сергеевна – д.э.н., доцент, с.н.с. Института горного дела Севера СО РАН, batuginan@mail.ru; ГАВРИЛОВ Владимир Леонидович – к.т.н., с.н.с. Института горного дела Севера СО РАН, gvlugorsk@mail.ru; ХОЮТАНОВ Евгений Александрович – инженер Института горного дела Севера СО РАН, evgeni\_h@nm.ru; ФЕДОРОВ Владислав Игоревич – аспирант Института горного дела Севера СО РАН, fonariwer@yandex.ru.

рассмотреть причины такого положения для последующей оценки возможностей её промышленного освоения.

### Состояние сырьевой базы угольных месторождений арктических районов Якутии

На 01.01.2012 г. на заполярной территории РС(Я) Государственным балансом учитываются 20 месторождений угля (14 – каменного, 6 – бурого). Общие балансовые запасы в размере 632,3 млн. т (табл.1), из которых в распределенном фонде по категориям А+В+С<sub>1</sub> находится 182,5 млн. т и 183,4 млн. т по категории С<sub>2</sub>, соответственно в нераспределенном – 250,4 млн. т и 15,9 млн. т. Балансовые запасы каменного угля составляют: категории А+В+С<sub>1</sub> – 397,7 млн. т (91,9% от всех запасов региона), категория С<sub>2</sub> – 193,7 млн. т (97,2%). Запасы бурого угля числятся в количестве: категории А+В+С<sub>1</sub> – 35,2 млн. т, категория С<sub>2</sub> – 5,6 млн. т [1].

В распределенном фонде недр находятся Надеждинское месторождение каменного угля (недропользователь – ЗАО «Зырянский угольный разрез», ведущее в настоящее время добычу угля открытым способом) и Таймыльское месторождение каменного угля и богхедов (победитель аукциона от 29.08.2014 г. – ООО «Арктик углесинтез»).

Краткая характеристика основных месторождений угля заполярной зоны РС(Я), учитываемых Госбалансом, представлена в табл. 2.

В территориальном отношении основная доля угольных запасов и ресурсов арктической зоны сосредоточена в недрах Ленского и Зырянского бассейнов [2]. В первом, по особенностям геологического строения, угленосности, транспортной инфраструктуре, выделяют Анабаро-Хатангский, Булунский и Оленекский угленосные районы. Несмотря на имеющийся опыт (Тай-

Характеристика запасов угля северо-востока РС(Я), тыс. т

Вид, марка угля	Распределенный фонд			Нераспределенный фонд			Всего		
	Категории запасов								
	А+В+С <sub>1</sub>	С <sub>2</sub>	Забалансовые	А+В+С <sub>1</sub>	С <sub>2</sub>	Забалансовые	А+В+С <sub>1</sub>	С <sub>2</sub>	Забалансовые
Каменный, всего	182533	183381	0	215162	10297	24893	397695	193678	24893
в т. ч.:									
Д	161907	160100		17285	–	–	179192	160100	0
Г	–	–	–	51913	–	19286	51913	0	19286
ДГ	–	–	–	6592	–	–	6592	–	–
Ж, КЖ	19577	23281	0	101317	3641	5607	120894	26922	5607
Т	–	–	–	38055	6656	–	38055	6656	0
богхеды	1049	–	–	–	–	–	1049	0	0
Бурый, всего,	–	–	–	35231	5644	25933	35231	5644	25933
в т. ч.:									
1Б	–	–	–	23169	4172	25933	23169	4172	25933
2Б	–	–	–	12062	1472	–	12062	1472	–
Всего	182533	183381	0	250393	15941	50826	432926	199322	50826

Таблица 2

Перечень основных месторождений угля и их краткая характеристика

Показатели		Каменный уголь		Бурый уголь	
		Верхнеколымский район	Булунский район	Усть-Янский район	
		Надеждинское	Таймыльское	Уядинское	Куларское
		Эксплуатируемое	Распределенный фонд	Нераспределенный фонд	
Разведанные запасы (тыс. т)	Категория А	–	542 (богхед) 26577 (уголь)	821	918
	Категория В	5534	421 (богхед) 36630 (уголь)	858	5564
	Категория С <sub>1</sub>	14043	86 (богхед) 98700 (уголь)	5338	7189
	Категория С <sub>2</sub>	23281	160100 (уголь)	2940	1232
Количество рабочих пластов		6	1	5	3
Зольность, А <sup>d</sup> , %		13,6	5 (богхед) 6,5 (уголь)	23,8	33,9
Влажность, W <sup>t</sup> , %		6,5	1,8 (богхед) 5 (уголь)	29,9	42,9
Выход летучих, V <sup>daf</sup> , %		33,5	80,6 (богхед) 39 (уголь)	40,0	60,0
Сера общая, S <sub>t</sub> <sup>d</sup> , %		0,20	0,5 (богхед) 0,6 (уголь)	0,8	0,23
Теплота сгорания, Q <sub>s</sub> <sup>daf</sup> , ккал/кг		8218	9100 (богхед) 7650 (уголь)	5949	6359
Марка угля		Ж	Д, богхед	Б	Б

мыльское угольно-богхедное и Согинское буругольное месторождения), на текущий момент ресурсы бассейна не используются.

Зырянский бассейн расположен в междуречье среднего течения рек Колымы и Индигирки, общая протяженность бассейна в северо-западном направлении 500 км, ширина до 170 км. Изолированные угленосные впадины выделяются в следующие угленосные районы: Мятисский, Индигиро-Селенняхский, Момский и наиболее изученный Зыряно-Силяпский, на который, по данным ВСЕГЕИ, приходится до 87% балансовых запасов, составляющих в свою очередь порядка 2% общих ресурсов.

В разные годы добыча угля осуществлялась подземным и открытым способом на месторождениях Эрозионное, Сибик-2, Харанга, Буркемюсское и Надеждинское. В настоящее время добыча ведётся только на последнем месторождении (2012 г. – 200,5 тыс. т, 2013 г. – 172,0 тыс. т угля марки Ж).

Угли Зырянского бассейна в настоящее время используются в качестве топлива для котельных в Абыйском, Момском, Нижне-, Средне- и Верхнеколымском районах РС(Я), Магаданской области и близлежащих районов Чукотки. Относительно благоприятные георесурсные предпосылки для дальнейшего наращивания угледобычи в Зырянском бассейне сдерживаются очень сложными условиями доставки водным и морским транспортом до потенциальных потребителей. Экспорт углей в страны Азии при существующем уровне цен и очень сложной логистике крайне затруднен.

На обширной территории арктических районов Якутии выявлен ряд изолированных угленосных площадей [2]. На балансе стоят Уяндинское, Куларское, Согинское месторождения. Их запасы представлены твердым топливом технологических групп Б1–Б2, которые на открытом воздухе быстро теряют свои теплотехнические свойства. В связи с этим развитие угледобычи здесь возможно после разработки специальных и/или адаптации к местным условиям приемлемых, надежно работающих тех-

нологий сжигания угля. Дополнительная подготовка угля к утилизации в условиях Заполярья потребует значительных капитальных вложений и предполагает проведение всесторонней дополнительной оценки.

### Состояние запасов и добычи угля в Чукотском АО

На 01.01.2013 г. в регионе балансом учитываются запасы угля категорий А+В+С<sub>1</sub> шести угольных месторождений в количестве 183,3 млн. т, С<sub>2</sub> – 481,1 млн. т, сосредоточенные в Анадырском и Беринговском угольных бассейнах [3]. Балансовые запасы бурого угля категорий А+В+С<sub>1</sub> (7 участков) составляют 40,5% от суммарных по округу, а каменного (8 участков) – 59,5%. Каменный уголь представлен маркой Г (96,5%), остальные его разведанные запасы (категории А+В+С<sub>1</sub>) – марками Т и Ж (табл. 3).

Для открытой разработки пригодны лишь 4,9% балансовых запасов категорий А+В+С<sub>1</sub>, причем 92,7% из них представлены бурыми углями. В целом по округу балансовые запасы угля категорий А+В+С<sub>1</sub> за 2012 г. уменьшились на 271 тыс.т. Запасы категории С<sub>2</sub> остались без изменения. Запасы угля категорий А+В+С<sub>1</sub> распределенного фонда недр округа, предоставленные недропользователям для разведки и освоения по лицензиям, составляют 36,0% от учтенных по округу. В промышленное освоение вовлечено 34,8% балансовых запасов категорий А+В+С<sub>1</sub> округа. Подготовлено к освоению 4,9% запасов резервных участков; в перспективных группах для разведки и прочих участков учтено, соответственно, 36,8 и 21,6%.

Добыча угля в последние годы осуществляется на шахтах «Беринговская» и «Анадырская» (месторождение Бухта Угольная) мощностью 0,30 и 0,45 млн. т угля в год, соответственно. Обеспеченность промышленными запасами шахты «Беринговская» (29,9 млн. т) составляет около 100

Т а б л и ц а 3

Запасы и добыча угля по маркам в Чукотском АО, млн. т

Вид, марка угля	Балансовые запасы на 01.01.2013 г.						Добыча за 2012 г. <sup>х</sup>	
	А+В		А+В+С <sub>1</sub>		С <sub>2</sub>			
	всего	в том числе для открытой разработки	всего	в том числе для открытой разработки	всего	в том числе для открытой разработки	всего	в том числе открытым способом
	18,729	3,401	183,312	8,983	481,096	2,120	0,266	0,030
Бурый	15,613	3,401	74,278	8,331	167,725	2,029	0,209	
ЗБ	15,613	3,401	74,011	8,203	167,571	1,963	0,209	
Б			0,267	0,128	0,154	0,066		
Каменный	3,116		109,034	0,652	313,371	0,091	0,057	0,030
Г	3,116		105,191	0,075	292,739		0,057	0,030
Ж			3,266		20,541			
Т			0,577	0,577	0,091	0,091		

<sup>х</sup> По маркшейдерским замерам.

лет, шахты «Анадырская» (16,3 млн. т) – 36 лет. В 2012 г. добыча в Чукотском АО уменьшилась по сравнению с 2011 г. на 74 тыс. т. Добытый уголь был использован для удовлетворения местных энергетических потребностей.

В Анадырском угольном бассейне выделяются 4 угленосных района: Марковский, Пекульнейский, Рарыткинский и Онеменский, в котором расположено разрабатываемое Анадырское буроугольное месторождение. В границах Беринговского угольного бассейна выявлены следующие месторождения: Бухта Угольная, Алякватваамское, Амаамское, Песчаное, Губа Гавриила, Лагуна Аринай, Лагуна Забытая. Имеется также ряд углепроявлений [3]. В последние годы на Амаамском месторождении австралийской компанией «TigersRealm Coal» проведена детальная разведка и переоценка запасов. Совместно с Российским фондом прямых инвестиций проводятся работы по созданию крупного добывающего предприятия с необходимой транспортной инфраструктурой, которые смогут обеспечить отгрузку угля в азиатские страны в объеме не менее 2 млн. т в год.

Кроме рассмотренных выше запасов угля, в Чукотском АО разведан или оценен с различной степенью детальности ряд месторождений и углепроявлений в других угленосных районах.

### Базы данных по угольным месторождениям

Оценку потенциальной эффективности освоения угольных месторождений арктической зоны Якутии и Чукотки на основе рационального использования имеющейся и прогнозной минерально-сырьевой базы твердого топлива целесообразно выполнять с помощью баз данных (БД) и систем управления ими [4]. Сформированная и пополняемая БД «Угольные месторождения и проявления арктической зоны Северо-Востока России» (рис. 1) содержит полученную из разных источников информацию, введенную во взаимосвязанные таблицы с географическими, геологическими, качественными показателями, применяемыми или планируемыми геотехнологиями.

По основным залежам планируется создание отдельных баз, включающих цифровые графические модели. В частности, создана БД по



Рис. 1. Структура базы данных по угольным месторождениям и проявлениям арктической зоны Северо-Востока России

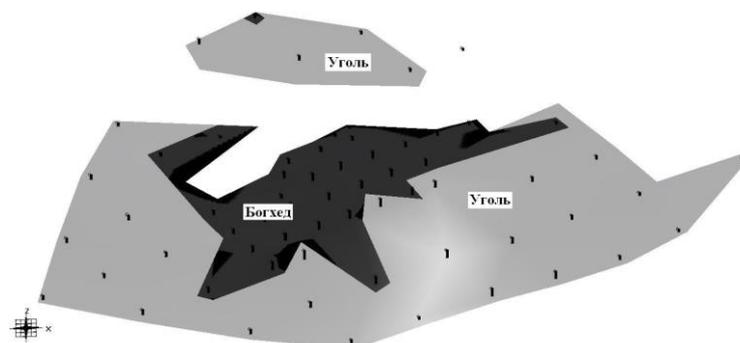


Рис. 2. Модель основного рабочего пласта Таймыльского месторождения угля и богхеда

Таймыльскому месторождению угля и богхедов, основанная на первичной геолого-маркшейдерской информации, дополненной расчетными данными и моделями рабочего пласта (рис. 2).

БД предназначены для анализа и оценки различных аспектов и этапов освоения угольных месторождений, являются основой для моделирования условий и порядка отработки их технологических участков с учетом требований потребителей к качеству угля.

### Потребности угля

В настоящее время потребности угля ГУП «ЖКХ РС(Я)» в районах арктической зоны РС(Я) составляют около 45,8 тыс. т, в т.ч. 40 тыс. т для

Таблица 4

Стоимость угля с учетом транспортировки и хранения для арктических районов РС(Я) за 2009–2014 гг., тыс. руб.

Показатели	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Усть-Янский район (джебарики-хайский уголь)	219392,4	274009,5	298986,3	326418,5	441433	451962,7
Стоимость угля в ценах поставщика	40138,7	48362,46	53700,76	50914,22	71234,69	90487,66
Водный фрахт	122624,1	160369	190375,7	221640,6	303064	261012,1
Внутрирайонный транспорт	51869,27	63063,84	52537,05	51756,53	64711,13	98891,33
Хранение, переработка и взвешивание сырья	4760,378	2214,26	2372,845	2107,148	2423,22	1571,598
Нижнеколымский район (зырянский уголь)	11762,81	14828,1	15662,55	17493,92	21591,56	25439,53
Стоимость угля в ценах поставщика	5694,013	7641,161	7694,003	7947,825	9140,095	10696,11
Водный фрахт	5881,1	6952,642	7715,581	9288,394	12050,38	12638,13
Наземный транспорт	0	0	0	0	0	0
Внутрирайонный транспорт	187,7	234,2981	252,9661	257,7036	401,0808	920,7848
Хранение, переработка и взвешивание сырья	0	0	0	0	0	1184,503

котельных Усть-Янского района и 5,8 тыс. т для Нижнеколымского района. Кроме того, ОАО «Сахаэнерго» завозит из Кузбасса уголь для Депутатской ТЭЦ в количестве 37 тыс. т [5]. При этом, несмотря на наличие запасов и ресурсов местного угля, собственная добыча в арктической зоне не ведется, а в Чукотский АО при собственной добыче 266 тыс. т (2012 г.) завозится порядка 407 тыс. т.

Доля угля в структуре потребляемых ТЭР для районов арктической зоны составляет порядка 46% и, несмотря на декларируемые цели по увеличению доля угля в топливном балансе, не возрастает. Вместе с тем, специалисты отмечают, что задачи обеспечения твердым топливом удаленных от центра добычи и транспортных коммуникаций энергодефицитных районов можно решать за счет строительства разрезов малой мощности, использующих местные ресурсы [6].

Стоимость угля с учетом транспортировки и хранения в арктические районы за 2009–2014 гг. приведена в табл. 4, составленной по данным ГКЦ РЭК РС(Я).

В Усть-Янском районе в 2013 г. расходы на доставку угля составили 441 млн. руб., в т. ч. 71 млн. руб. отпускная цена угля с шахты «Джебарика-Хая», водный фрахт – 303 млн. руб., внутрирайонный транспорт – 98,9 млн. руб., в Нижнеколымском – 21 млн. руб., из них водный фрахт – 12 млн. руб. На долю самого угля в структуре его стоимости на месте потребления в наиболее труднодоступных районах приходится по данным РЭК РС(Я) всего 15–20% для Усть-Янского района, 50% – для Нижнеколымского (рис. 3).

Для нескольких труднодоступных районов Якутии стоимость доставки превышает стоимость добычи настолько существенно, что разработка месторождений местного топлива в непосредственной близости от основных точек

потребления, наряду с повышением энергетической безопасности, может сократить затраты бюджетов на северный завоз.

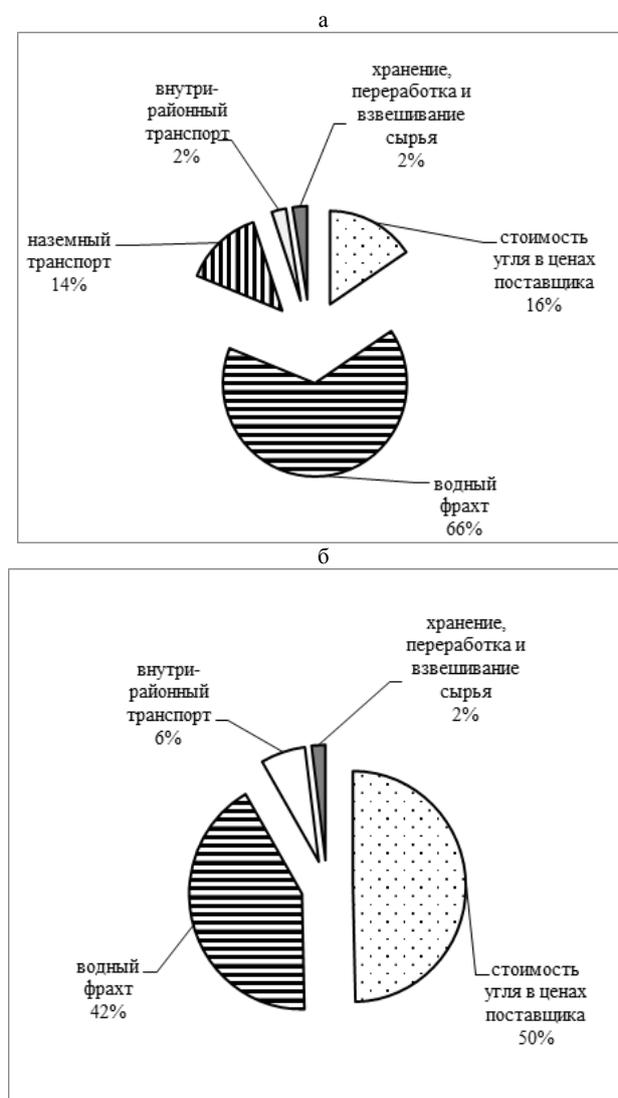


Рис. 3. Структура стоимости угля с учетом транспортировки и хранения: а – Усть-Янский район; б – Нижнеколымский район

## Выводы

Арктическая зона РС(Я) и Чукотского АО характеризуется высоким ресурсным потенциалом. Рассматриваемые регионы обладают достаточно большими разведанными и поставленными на баланс запасами угля различных марок. Кроме того, из-за низкого уровня изученности существуют определенные перспективы увеличения объемов балансовых запасов по новым рыночным критериям оценки после проведения необходимого объема геологоразведочных работ.

Хотя запасы и ресурсы основных месторождений, представленных углями различных технологических марок от Б2 до антрацитов с изменяющимся в широких диапазонах качеством, и составляют по разным категориям десятки и сотни миллионов тонн, следует отметить, что геологоразведочные работы проводились в прошлом веке, в основном, в 40–60-е годы, для части из них или вообще не определялись показатели геолого-экономической оценки или использовались критерии, не отвечающие современным условиям [7–8].

Сырьевая база угля арктических районов была создана в нерыночной экономике с менее жесткими требованиями к потребительским свойствам угля, другим уровнем цен, технологии и техники. На ранее изученных угольных объектах часто отсутствует фактический материал по новым показателям качества твердого топлива, используемый в настоящее время, что затрудняет объективную оценку исследуемого угля с точки зрения его соответствия существующим и перспективным технологиям утилизации, делает невозможным сравнение его с другими марками угля, маркировки по действующим ГОСТам.

Поэтому доля действительно балансовых запасов (т.е. рентабельных, отвечающих современным требованиям, так называемых иногда «активных») для угольных месторождений Арктики значительно ниже числящихся на Госбалансе [9]. В то же время перспективы масштабного освоения этих запасов недостаточно ясны.

Объективная потребность в обработке более мощных пластов угля преимущественно открытым способом на участках с наиболее благоприятными горно-геологическими условиями и максимально высоким качеством твердого топлива предполагает необходимость применения новых, более жестких кондиций. Это, в свою очередь, приведет к тому, что часть запасов арктической зоны, по некоторым месторождениям значительная, может оказаться не технологичной и не эффективной для извлече-

ния из недр. Так, по оценкам ВНИГРИ [7–8], для подземной добычи угля в европейской части страны подсчет запасов должен осуществляться по минимальной мощности 0,8–1,0 м при углах падения не более 30–35° (было 0,45–0,6 м и без учета угла падения пластов).

С целью определения реального промышленного и экономического потенциала угольной сырьевой рассматриваемого региона, выявления промышленно значимых для освоения запасов нераспределенного фонда участков недр требуется их соответствующая геолого-экономическая переоценка с выявлением эффективных, потенциально-эффективных и неэффективных, например, по методике ВНИГРИ [7–8]. Это позволит оценить реальный угольный потенциал арктической зоны Северо-Востока России, определить порядок, очередность и условия его освоения.

*Работа выполнена в рамках проекта «Научно-техническое обоснование целесообразности освоения угольных месторождений Арктической зоны Северо-Востока России», выполняемого в рамках Программы Президиума РАН.*

## Литература

1. Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации на 01.01 2012 г. Уголь. Дальневосточный федеральный округ. Республика Саха (Якутия) / Составители Т.Я. Лобанова, А.К. Назаров. – М., 2012. – 35 с.
2. Угольная база России. Т. V. Кн. 2: Угольные бассейны и месторождения Дальнего Востока России (Республика Саха, Северо-Восток, Сахалин, Камчатка). – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999. – 638 с.
3. Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации на 01.01 2013 г. Уголь. Дальневосточный федеральный округ Чукотский автономный округ / Составитель Г.А. Белякова. – М., 2013. – 17 с.
4. Федоров В.И., Хоютанов Е.А., Гаврилов В.Л. О создании базы данных «Уголь арктической зоны Якутии» // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: материалы Всероссийской научно-практической конференции (01–03.04.2014 г., Якутск). – Якутск, 2014. – С. 517–520.
5. Баракаева И.Д., Батугина Н.С., Гаврилов В.Л. Основные проблемы и мероприятия эффективного освоения месторождений твердого топлива арктических районов РС(Я) // Материалы Всероссийского научного семинара «Актуальные проблемы, направления и механизмы развития, производительных сил Севера – 2014» (24–25.09.2014, г. Сыктывкар): в 2 ч. – Сыктывкар, 2014. – Ч.1. – С. 252–258.
6. Яновский А.Б. О состоянии и мерах по развитию угольной промышленности России // Уголь. – 2010. – № 8. – С. 3–11.
7. Логвинов М.И., Файдов О.Е., Старокожева О.Е. Состояние, проблемы развития и освоения угольной

базы // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2013. – № 5. – С. 62–73.

8. Логвинов М.И., Старокожева Г.И., Файдов О.Е. Состояние ресурсной базы углей европейской части России в современных экономических условиях // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2006. – № 2. – С. 26–35.

9. Ткач С.М. Методологические и геотехнологические аспекты повышения эффективности освоения рудных и россыпных месторождений Якутии / Отв. ред. С. А. Батугин; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т горн.дела Севера. – Якутск: Изд-во ИМЗ СО РАН, 2006. – 284 с.

Поступила в редакцию 28.10.2014

УДК 332.64

## Построение экспертной системы для геолого-экономической оценки нефтяных месторождений в условиях неопределенности и рисков

Л.В. Скопина, Н.Е. Шубников

*Нефтедобыча является важнейшим сектором российской экономики. В условиях снижения цен на нефть и введения западных санкций перед государством и крупнейшими вертикально-интегрированными компаниями стоит задача сохранения и увеличения объемов добычи нефти. Освоение нефтяного месторождения является долгосрочным инвестиционным проектом, характеризующимся неопределенностью и рисками на всех этапах реализации. Актуализируется создание универсального инструмента геолого-экономической оценки проведения геологоразведочных работ и дальнейшей разработки нефтяного участка. Предлагается схема экспертной системы для оценки эффективности разработки ресурсов нефти. Описываются основные элементы экспертной системы, указываются преимущества использования экспертной системы для оценки экономической эффективности освоения нефтяного месторождения по сравнению с привлечением специалистов-экспертов.*

Ключевые слова: неопределенность и риски в нефтедобыче, оценка эффективности инвестиций, нечеткое моделирование, экспертная система.

*Oil production is the most important sector of the Russian economy. In the face of declining oil prices and the introduction of Western sanctions, the government and the largest vertically integrated companies meet the objective of maintaining and increasing the volume of oil production. Development of oil field is a long term investment project, which is characterized by uncertainty and risks at all stages of realization. The article actualizes creation of universal tool for geological and economic evaluation of exploration and further development of oil field. Scheme of an expert system for efficiency evaluation of oil field development is proposed. The main elements of the expert system are described; the advantages of using the expert system to assess the economic efficiency of oil development in comparison with the involvement of experts are indicated.*

Key words: uncertainty and risks in oil production, estimation of efficiency of investments, fuzzy modeling, expert system.

Сырьевой характер российской экономики обуславливает высочайшую значимость показателей нефтедобычи для стабильного функционирования страны. От цен на нефть зависит поступление экспортных пошлин на углеводороды и приток валюты в государственную каз-

ну. В настоящее время на фоне рекордного за последние годы снижения цен на нефть и введения западных санкций особо острым вопросом для правительства нашей страны становится эффективная нефтедобыча.

Перед государством и крупнейшими вертикально-интегрированными компаниями стоит стратегическая задача сохранения и даже увеличения объемов добычи нефти, решением которой может стать вовлечение в разработку новых месторождений. Требуется вводить в эксплуатацию месторождения, расположенные в малоизученных регионах страны.

Освоение новых топливно-энергетических ре-

---

СКОПИНА Лариса Владимировна – к.э.н., доцент, с.н.с. Новосибирского национального исследовательского государственного университета, l.v.skopina@gmail.com; ШУБНИКОВ Никита Евгеньевич – аспирант Новосибирского национального исследовательского государственного университета, Nikita.Shubnikov@gmail.com.

базы // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2013. – № 5. – С. 62–73.

8. Логвинов М.И., Старокожева Г.И., Файдов О.Е. Состояние ресурсной базы углей европейской части России в современных экономических условиях // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2006. – № 2. – С. 26–35.

9. Ткач С.М. Методологические и геотехнологические аспекты повышения эффективности освоения рудных и россыпных месторождений Якутии / Отв. ред. С. А. Батугин; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т горн.дела Севера. – Якутск: Изд-во ИМЗ СО РАН, 2006. – 284 с.

Поступила в редакцию 28.10.2014

УДК 332.64

## Построение экспертной системы для геолого-экономической оценки нефтяных месторождений в условиях неопределенности и рисков

Л.В. Скопина, Н.Е. Шубников

*Нефтедобыча является важнейшим сектором российской экономики. В условиях снижения цен на нефть и введения западных санкций перед государством и крупнейшими вертикально-интегрированными компаниями стоит задача сохранения и увеличения объемов добычи нефти. Освоение нефтяного месторождения является долгосрочным инвестиционным проектом, характеризующимся неопределенностью и рисками на всех этапах реализации. Актуализируется создание универсального инструмента геолого-экономической оценки проведения геологоразведочных работ и дальнейшей разработки нефтяного участка. Предлагается схема экспертной системы для оценки эффективности разработки ресурсов нефти. Описываются основные элементы экспертной системы, указываются преимущества использования экспертной системы для оценки экономической эффективности освоения нефтяного месторождения по сравнению с привлечением специалистов-экспертов.*

Ключевые слова: неопределённость и риски в нефтедобыче, оценка эффективности инвестиций, нечёткое моделирование, экспертная система.

*Oil production is the most important sector of the Russian economy. In the face of declining oil prices and the introduction of Western sanctions, the government and the largest vertically integrated companies meet the objective of maintaining and increasing the volume of oil production. Development of oil field is a long term investment project, which is characterized by uncertainty and risks at all stages of realization. The article actualizes creation of universal tool for geological and economic evaluation of exploration and further development of oil field. Scheme of an expert system for efficiency evaluation of oil field development is proposed. The main elements of the expert system are described; the advantages of using the expert system to assess the economic efficiency of oil development in comparison with the involvement of experts are indicated.*

Key words: uncertainty and risks in oil production, estimation of efficiency of investments, fuzzy modeling, expert system.

Сырьевой характер российской экономики обуславливает высочайшую значимость показателей нефтедобычи для стабильного функционирования страны. От цен на нефть зависит поступление экспортных пошлин на углеводороды и приток валюты в государственную каз-

ну. В настоящее время на фоне рекордного за последние годы снижения цен на нефть и введения западных санкций особо острым вопросом для правительства нашей страны становится эффективная нефтедобыча.

Перед государством и крупнейшими вертикально-интегрированными компаниями стоит стратегическая задача сохранения и даже увеличения объемов добычи нефти, решением которой может стать вовлечение в разработку новых месторождений. Требуется вводить в эксплуатацию месторождения, расположенные в малоизученных регионах страны.

Освоение новых топливно-энергетических ре-

---

СКОПИНА Лариса Владимировна – к.э.н., доцент, с.н.с. Новосибирского национального исследовательского государственного университета, l.v.skopina@gmail.com; ШУБНИКОВ Никита Евгеньевич – аспирант Новосибирского национального исследовательского государственного университета, Nikita.Shubnikov@gmail.com.

сурсов требует качественного инвестирования, как со стороны государства, так и со стороны частных компаний. Привлечение инвестиций, необходимых для осуществления проектов нефтедобычи, возможно только на основе достоверной и эффективной экономической оценки освоения нефтяных месторождений. Точность прогнозов рентабельности разработки месторождений напрямую зависит от количества и качества имеющейся информации, которой в настоящее время недостаточно.

Проведение геологоразведочных работ и дальнейшая разработка месторождения должны рассматриваться как долгосрочный инвестиционный проект, осуществляемый в условиях неопределенности и рисков. Для оценки эффективности инвестиционного проекта применяют следующие основные показатели: чистый дисконтированный доход, внутреннюю норму рентабельности, индекс доходности инвестиций, индекс доходности затрат, срок окупаемости инвестиций. Но использовать их можно только в том случае, если точно известны все входящие параметры [1]. Традиционные методы оценки не могут дать точных результатов в случае оценки нефтяных инвестиционных проектов, так как нефтедобыча характеризуется множеством неопределенностей на всех стадиях освоения месторождения.

Результаты исследования [2] показывают, что рациональным для оценки экономической эффективности освоения нефтяного месторождения в условиях среднего уровня неопределенности является применение методов нечеткого моделирования, позволяющих включить в анализ как количественные, так и качественные переменные.

В последние годы в связи с отсутствием государственного полномасштабного мониторинга объектов нефтяной отрасли весьма актуальным стало создание универсального инструмента геолого-экономической оценки эффективности освоения нефтяных месторождений. Одним из современных российских ученых, отмечающих необходимость создания подобного инструмента, является директор Энергетического центра Московской школы управления «Сколково» Григорий Выгон. Данный инструмент, а также сопутствующая ему единая база данных по нефтяным месторождениям России, предоставит возможность принимать обоснованные управленческие решения, в том числе и в сфере налогообложения. По мнению ученого, одной из ключевых проблем, мешающих построению сбалансированной долгосрочной стратегии развития нефтяной отрасли, является низкое качество исходной информа-

ции. Государство имеет искаженную информацию о том, сколько нефти и на каких месторождениях компании смогут добыть в будущем. Следовательно, качество официальных прогнозов добычи нефти в России остается крайне низким, возникают сложности при определении групп трудноизвлекаемых запасов, нуждающихся в стимулировании, а трубопровод ВСТО заполняется в основном западносибирской нефтью Ванкорского месторождения [3]. Непрозрачность информации о разработке месторождений для государства привела к созданию неоправданно жесткой налоговой системы. Дороговизна и недоступность информации для нефтедобывающих компаний ведет к сокращению инвестиций в добычу и восполнение минерально-сырьевой базы.

Авторами предлагается разработка экспертной системы, учитывающей применение методов нечеткого моделирования. Экспертная система может стать современным инструментом геолого-экономической оценки, позволяющим обосновывать принятие решения об инвестициях в разработку нефтяных месторождений.

«Экспертная система – система, имитирующая образ действия высококвалифицированных специалистов-экспертов в конкретных предметных областях» [4].

Согласно книге «Построение экспертных систем» [5], экспертной является система, которая располагает экспертными правилами, рассуждает путем оперирования символами, владеет фундаментальными принципами из предметной области. Она может воспринимать описание задачи в произвольных терминах и преобразовывать его во внутреннее представление, пригодное для обработки с использованием экспертных правил.

Предметом теории экспертных систем являются методы создания человеко-машинных систем, способных решать задачи в некоторой узкоспециализированной области. Для того чтобы решать поставленные задачи, экспертные системы должны включать общедоступные данные и индивидуальные знания. Общедоступные данные – факты, определения и теории, статистические данные, изложенные в учебниках и справочниках. Индивидуальные знания – интуиция, а также уникальные навыки и познания экспертов, которые, как правило, в значительной степени состоят из эмпирических правил и позволяют экспертам эффективно принимать решения в условиях неопределенности и неполноты общедоступных данных. Одной из важнейших задач при построении экспертных систем является выявление и воспроизведение таких знаний.

Основная задача разрабатываемой экспертной системы: по исходным общедоступным данным о нефтяном месторождении и необходимым инди-

видуальным знаниям, полученным от экспертов, позволить инвестору или оценщику получить предварительную оценку экономической и геологической эффективности освоения месторождения. В ходе разработки и эксплуатации месторождения следует решать вопрос о целесообразности дальнейшего освоения.

Создание экспертной системы для оценки эффективности освоения нефтяного месторождения невозможно без привлечения следующих специалистов: экспертов, инженеров по знаниям, программистов.

1. Эксперты по оценке эффективности освоения нефтяного месторождения – высококвалифицированные специалисты, которые передают системе свои уникальные знания, необходимые для оценки эффективности освоения конкретного месторождения. Решение о разработке месторождения принимается исходя из геологической и экономической целесообразности, поэтому важно привлечение специалистов в области подсчета запасов, разработки месторождений и их экономической оценки, то есть экспертов следующих специальностей: геологи, технологи, экономисты, специалисты по геолого-экономической оценке освоения нефтяных месторождений.

При формировании группы экспертов необходимо учитывать такие характеристики, как [6]:

- Компетентность – степень квалификации эксперта в данной области знаний. Эта компетентность должна быть продемонстрирована на основе: личных качеств, способности применять знания и умения, которые приобретаются посредством образования, опыта работы, подготовки в качестве эксперта и опыта проведения экспертиз. Эксперты развивают, поддерживают и улучшают свою компетентность посредством постоянного повышения квалификации и регулярного участия в экспертизах [7].

- Достоверность суждений, которая определяется на основе информации о прошлом опыте участия эксперта в решении проблем.

- Конформизм – подверженность влиянию авторитетов, при котором мнение авторитета может подавлять лиц, обладающих более высокой компетентностью.

- Коллективизм и самокритичность.

2. Инженер по знаниям – это специалист по разработке экспертных систем, который помогает эксперту выявить и структурировать знания, необходимые для работы экспертной системы, осуществляет выбор того инструментального средства, наиболее подходящего для данной проблемной области. Он и определяет способ представления знаний в этом инстру-

ментальном средстве, выделяет и программирует (традиционными средствами) стандартные функции (типичные для данной проблемной области), которые будут использоваться в правилах, вводимых экспертом [8].

Инженер по знаниям действует в качестве посредника между экспертами и экспертной системой, знаком с принципами построения экспертной системы, владеет специальными языками описания знаний.

Инженер по знаниям должен обладать следующими качествами:

- психологическими: интеллектуальность, коммуникабельность, дипломатичность;

- профессиональными: глубокие знания в области интеллектуальных систем, моделей представления знаний, процесса разработки экспертных систем, владение методами извлечения знаний, знание методов и способов программирования.

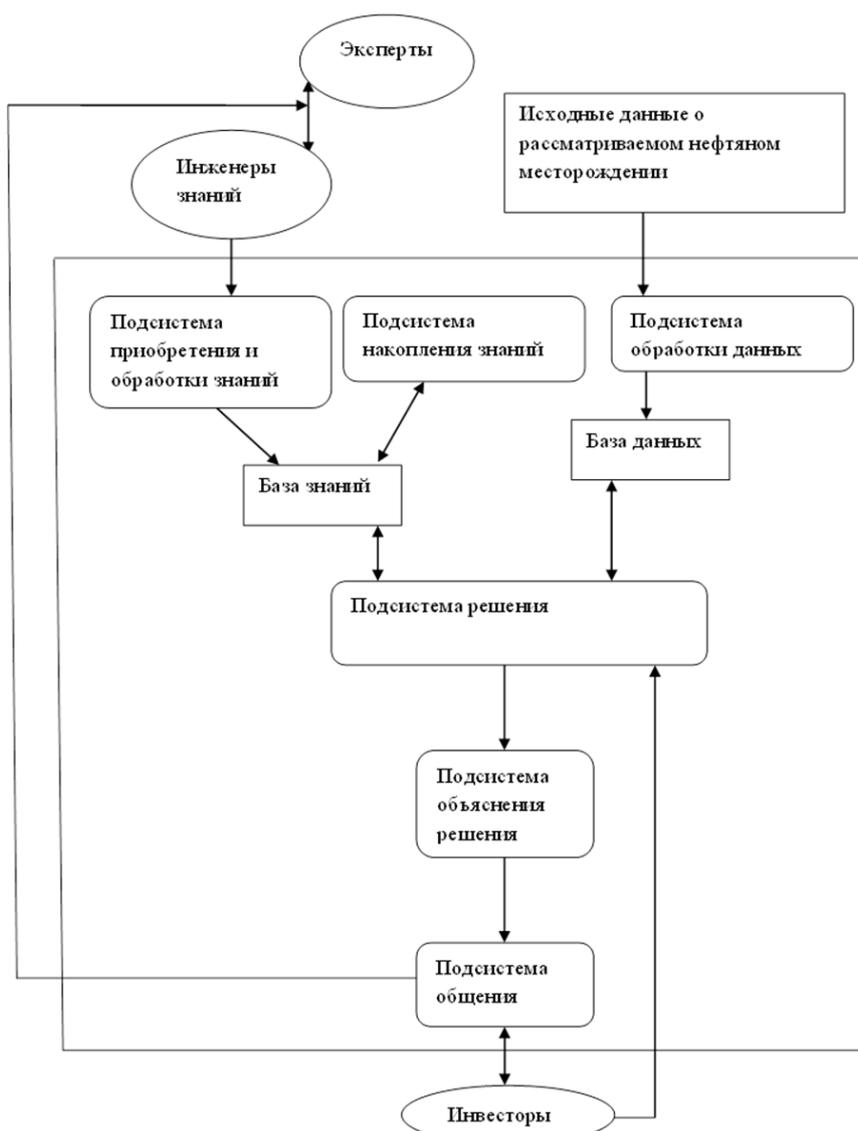
Программист или группа программистов разрабатывает инструментальное средство, включающее все основные компоненты экспертной системы, а также осуществляет соединение системы с окружением (существующим оборудованием и программным обеспечением). Важно отметить, что к помощи программистов стоит прибегать в том случае, если в качестве инструментария используется низкоуровневое средство разработки, то есть какой-либо язык программирования. Если же система разрабатывается с использованием оболочки экспертной системы (класс программ, позволяющих создать экспертную систему на основе уже существующей и хорошо себя зарекомендовавшей экспертной системы), то привлечение программиста не требуется, а его функции выполняет квалифицированный инженер по знаниям [9].

Рассмотрим основные элементы предлагаемой экспертной системы для оценки эффективности освоения нефтяных месторождений в условиях неопределенности и рисков (рисунок).

1. Подсистема обработки данных – преобразует исходные данные в форму, необходимую для проведения расчета эффективности освоения нефтяного месторождения.

2. Подсистема приобретения и обработки знаний – преобразует знания экспертов в форму, необходимую для проведения расчета эффективности освоения нефтяного месторождения.

3. Подсистема накопления знаний – призвана дополнить знания эксперта путём формирования эмпирических зависимостей из имеющихся неполных (или даже противоречивых) исходных данных, интерполяции и экстраполяции этих данных, вывода новых фактов и правил в процессе обучения и взаимодействия со средой [10].



Структурная схема экспертной системы

4. База знаний – является хранилищем индивидуальных знаний экспертов.

5. База данных – является хранилищем общедоступных данных.

6. Подсистема решения – основной элемент предлагаемой к разработке экспертной системы. В нее предлагается включить эффективные алгоритмы геолого-экономической оценки эффективности освоения нефтяного месторождения, и в частности алгоритмы построения на основе нечеткого моделирования. Оценка эффективности реализации инвестиционного проекта с помощью аппарата теории нечетких множеств лишена недостатков традиционных методов оценки. Предполагается, что все возможные сценарии развития событий, отражающиеся во входных данных рассматриваемого

инвестиционного проекта, используемых для расчёта целевого показателя, учтены в соответствующих нечётких оценках, а веса вхождения сценариев в полную группу характеризуются функцией принадлежности. Суть заключается в том, что задаются нечёткие интервалы значений всех переменных, влияющих на реализацию инвестиционного проекта, попадание в которые характеризуется некоторой степенью неопределённости. В итоге посредством операций над интервалами получается нечёткий интервал значения целевого показателя. Использование метода нечётких множеств позволяет включить в анализ не только количественные, но и качественные переменные, оперировать неопределёнными и нечёткими входными данными [2]. Результаты исследования показали, что для принятия решения о разработке нефтяного месторождения целесообразно построить и проанализировать функцию принадлежности чистого дисконтированного дохода. Таким образом, одной из основных частных целей нашей экспертной системы будет построение функции принадлежности чистого дисконтированного дохода. «Для определения функций принадлежности разработаны различные экспертные методы.

В ряде случаев используют типовые формы функций принадлежности, тогда методом экспертных оценок определяется тип функций принадлежности и их параметры»[10].

Подсистема объяснения решения – отвечает на вопрос, почему инвестор должен принять рекомендуемое системой решение, объясняет, как было получено решение.

Подсистема общения – интеллектуальный интерфейс, который предоставляет инженеру по знаниям инструменты для опроса эксперта, компоновки, редактирования и испытаний базы знаний, а инвестору – возможность доступа в простой и наглядной форме к работе экспертной системы, базе знаний и базе данных.

В статье [2] авторами была проведена оценка эффективности реализации инвестиционного

проекта в нефтедобыче с помощью аппарата теории нечетких множеств. Были заданы нечеткие интервалы значений всех переменных, влияющих на реализацию инвестиционного проекта, получен нечеткий интервал значения целевого показателя: чистого дисконтированного дохода. Была построена функция принадлежности чистого дисконтированного дохода, на анализе которой на основании выбранного критерия эффективности обосновывалось принятие решение о целесообразности инвестирования в разработку рассматриваемого месторождения.

Недостатком описанной выше процедуры оценки эффективности являются трудоёмкость и неуниверсальность, а также высокая зависимость от специалистов, проводящих процедуру оценки. В случае потребности оценки другого инвестиционного проекта необходимо повторное привлечение специалистов и проведение всех аналогичных расчетов. Построение экспертной системы для оценки эффективности освоения месторождения должно стать удобным решением для устранения данных недостатков.

Экспертная система в сравнении со специалистом-экспертом имеет ряд преимуществ:

- Эффективность. Применение экспертных систем увеличивает производительность и позволяет уменьшить затраты персонала.

- Широта. Объединение знаний многих экспертов и возможность хранения больших объёмов информации позволяет экспертным системам решать широкий круг вопросов.

- Устойчивость. Ничто не влияет на качество работы системы, в то время как компетенция человека-эксперта может со временем снижаться. Экспертные системы устойчивы к «помехам» и влиянию внешних факторов, не связанных с решением задачи, но которые могут повлиять на действия эксперта.

- Воспроизводимость. Успешно функционирующую экспертную систему можно растиражировать и использовать неограниченное число раз.

- Лёгкость и быстрота передачи информации. Если процесс передачи информации между экспертами может занимать долгое время, то внутри экспертной системы информация передаётся быстро и в полном объёме.

- Стоимость. Денежные средства необходи-

мо одновременно затратить на разработку и создание экспертной системы, в то время как за привлечение высококвалифицированного специалиста-эксперта нужно платить каждый раз.

Вместе с тем, стоит отметить тот факт, что функционирование экспертной системы невозможно без человека-эксперта. Таким образом, проблему оценки эффективности освоения нефтяных месторождений целесообразно решать с помощью привлечения высококвалифицированных экспертов и построения экспертной системы.

### Литература и источники

1. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика. – М.: Дело, 2002. – 888 с.

2. Мкртчян Г.М., Морозов В.П., Скопина Л.В., Шубников Н.Е. Развитие доходных методов оценки эффективности разработки лицензионных участков с учётом неопределённости и рисков // Наука и образование. – 2012. – №3. – С. 101–105.

3. Выгон Г. В поисках равновесия // URL: <http://izvestia.ru/news/554451> (дата обращения: 24.09.2014 г.).

4. Васильев В.И., Ильясов Б.Г. Интеллектуальные системы управления. Теория и практика: учебное пособие. – М.: Радиотехника, 2009. – 392 с.

5. Построение экспертных систем: Пер. с англ. / Под ред. Ф. Хейеса-Рота, Д. Уотермана, Д. Лената. – М.: Мир, 1987. – 441 с.

6. Хабаров С.П. Экспертные системы (Конспект лекций) // URL: [http://www.habarov.spb.ru/main\\_es.htm](http://www.habarov.spb.ru/main_es.htm) (дата обращения: 14.05.2014 г.).

7. Требования к экспертам и руководителям экспертных групп по оценке и сертификации квалификаций в нефтегазоперерабатывающей отрасли // URL: [http://www.gubkin.ru/departaments/educational\\_activities/SPQ/EMC/ND/treb\\_exp.pdf](http://www.gubkin.ru/departaments/educational_activities/SPQ/EMC/ND/treb_exp.pdf) (дата обращения: 27.04.2014 г.).

8. Попов Э.В., Фоминых И.Б., Кисель Е.Б., Шапото М.Д. Статические и динамические экспертные системы: учебное пособие. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 320 с.

9. Муромцев Д.И. Введение в технологию экспертных систем. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2005. – 93 с.

10. Усков А.А., Круглов В.В. Интеллектуальные системы управления на основе методов нечеткой логики. – Смоленск: Смоленская городская типография, 2003. – 177 с.

Поступила в редакцию 11.11.2014

## Адамантановые углеводороды в нефтях и конденсатах Западной Якутии

О.Н. Чалая, С.Х. Лифшиц, В.А. Каширцев

*Адамантаны обладают высокой термической стабильностью и стойкостью к биодegradации, что позволяет использовать их для генетической корреляции в системе нефть–нефть. В связи с этим было изучено содержание, состав и характер распределения адамантановых углеводородов в различных генетических типах нефтей и конденсатов Западной Якутии. Материалом исследования послужили: конденсат Средневилюйского месторождения из горизонта T<sub>1</sub>-III, нефть Мастахского месторождения из горизонта J<sub>1</sub>-I, генетически связанные с органическим веществом сапропелитогумитов континентальных фаций, и венд-кембрийские нефти Талаканского и Иреляхского месторождений, генерированные органическим веществом морских фаций.*

*В результате проведенных исследований во всех изученных флюидах обнаружены адамантан и его гомологи. Количественное содержание адамантанов преимущественно определяется химическим типом нефти и источником их генерации. Наибольшее содержание адамантановых углеводородов (0,28%) установлено в нафтенной нефти Мастахского месторождения, наименьшее (0,04%) – в алкановых нефтях Талаканского и Иреляхского месторождений, в средневилюйском конденсате содержание адамантанов 0,08%. Состав и распределение адамантанов в узких дистиллятных фракциях нефтей и конденсата, выкипающих в пределах 150–250°С, носят однотипный характер. По мере повышения температуры выкипания фракций в них уменьшается содержание адамантана и суммарное содержание более низкомолекулярных алкилзамещенных адамантанов и увеличивается доля более высокомолекулярных.*

*Установлен неравновесный характер распределения алкилзамещенных адамантанов во всех исследованных флюидах, в целом характерный для нефтей, указывающий на важную роль кинетического фактора в процессах образования адамантановых углеводородов. Это может свидетельствовать в пользу того, что образование адамантановых структур протекало преимущественно в ходе миграции нефтяных углеводородов в потоке глубинных флюидов. Вследствие этого содержание и соотношение изомеров адамантановых УВ должны зависеть не только от состава нефти и материнского органического вещества, но и от путей миграции углеводородов, времени миграции, состава пород, выполняющих функцию катализатора в процессах изомеризации.*

**Ключевые слова:** адамантановые углеводороды, их содержание, нефти и конденсаты Западной Якутии.

*Adamantanes are characterized by high thermal stability and resistance to biodegradation, that allow to use them for genetic correlation in oil-oil system. In this context, we studied the content, composition and character of distribution of adamantane hydrocarbons in different genetic types of oil and condensate of West Yakutia. The following materials were studied: condensate of the Middle Viluy field from horizon T<sub>1</sub>-III, oil of the Mastakh deposit from horizon J<sub>1</sub>-I, both genetically related to the organic matter of sapropelite-humite of the continental facies, as well as Vendian-Cambrian oils of the Talakan and Irelyakh deposits generated by the organic matter of the marine facies.*

*Adamantane and its homologues were found in all the studied fluids. The amount of adamantanes is mainly controlled by the chemical type of oil and the source of their generation. The highest content of adamantane hydrocarbons (0,28%) is established in naphthene oil of the Mastakh deposit, while the lowest concentration (0,04%) is registered in alkane oils of the Talakan and Irelyakh deposits. The Middle Viluy condensate contains 0,08% adamantanes. Close-cut oil and condensate fractions distilled at 150-250oC are close in the composition of adamantanes and in the character of their distribution. As the distillation temperature of the fractions rises, their adamantane contents and the total amount of low-molecular alkyl adamantanes decrease while that of high-molecular ones increases.*

*A disequilibrium distribution of alkyl adamantanes is established in all the fluids studied, which, in general, is typical of oils. This is indicative of the important role of the kinetic factor in the formation of adamantane hydrocarbons. It is concluded that the amount and ratio of isomers of adamantane hydrocarbons depend*

---

ЧАЛАЯ Ольга Николаевна – к.г.-м.н., зав. лаб. Института проблем нефти и газа СО РАН, o.n.chalaya@ipng.ysn.ru; ЛИФШИЦ Сара Хаимовна – к.х.н., в.н.с. Института проблем нефти и газа СО РАН, s.h.lifshits@ipng.ysn.ru; КАШИРЦЕВ Владимир Аркадьевич – д.г.-м.н., чл.-корр. РАН, зам. директора Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, KashircevVA@ipgg.sbras.ru.

*not only on the composition of oil and the parent organic matter but also on the paths and time of hydrocarbons migration and the composition of the rocks acting as catalysts in isomerization processes.*

Key words: adamantane hydrocarbons, adamantane hydrocarbons content, oils and condensates of West Yakutia.

### Введение

Адамантаны – углеводороды (УВ) каркасного строения, содержащие по крайней мере один фрагмент адамантана. Адамантан – трицикло [3,3,1,1<sup>3,7</sup>] декан – трициклический насыщенный мостиковый УВ состава  $C_{10}H_{16}$ , состоящий из трех циклогексановых колец в конформации «кресло». Алкиладамантаны представляют смесь изомеров, различающихся строением алкильной цепи, числом и положением заместителей в ядре адамантана. Источником адамантана и его гомологов в нефти, по мнению многих исследователей, могут быть полициклические УВ [1, 2].

Адамантаны присутствуют в нефтях различного возраста, различной степени преобразованности, генерированных в различных литолого-фациальных условиях [2–7]. Количество адамантана в нефтях зависит от химической природы нефти. Наиболее высоким содержанием характеризуются нефти нафтенового типа. Исследования адамантанов представляют существенный интерес для выяснения вопросов происхождения и взаимных превращений УВ нефти. Вследствие высокой термической стабильности адамантанов и стойкости к биодеградации эти УВ могут использоваться для генетической корреляции в системе нефть–нефть.

Целью исследований явилось изучение содержания, состава и характера распределения адамантановых УВ в различных генетических типах нефтей и конденсатов Западной Якутии.

### Материал и методика исследований

Материалом исследования послужили конденсат Средневилюйского месторождения из горизонта Т<sub>1</sub>-Ш, нефть Мастахского месторождения из горизонта J<sub>1</sub>-I, генетически связанные с ОВ сапропелито-гумитов континентальных фаций, и венд-кембрийские нефти Талаканского и Иреляхского месторождений, генерированные органическим веществом морских фаций. Изучалось распределение адамантановых УВ состава  $C_{10}H_{16}$ – $C_{14}H_{24}$  во фракциях 150–250°C и в узких 10- и 20-градусных дистилятных фракциях, выкипающих в этих же пределах. Фракция 150–250°C и узкие дистилятные фракции отбирали на лабораторном

анализаторе фракционного состава АРН-ЛАБ–02.

Индивидуальный углеводородный состав конденсата, нефтей и их фракций определялся методом хромато-масс-спектрометрии на приборе Agilent 6890, имеющий интерфейс с высокоэффективным масс-селективным детектором Agilent 5973N. Хроматограммы УВ были получены по общему ионному току и фрагментным ионам. Идентификация соединений осуществлялась сравнением полученных индивидуальных масс-спектров с уже имеющимися спектрами в библиотеке системы, а также с опубликованными данными [8]. Адамантановые УВ определяли сканированием по фрагментным ионам m/z 135, 136, 149, 163 и 177.

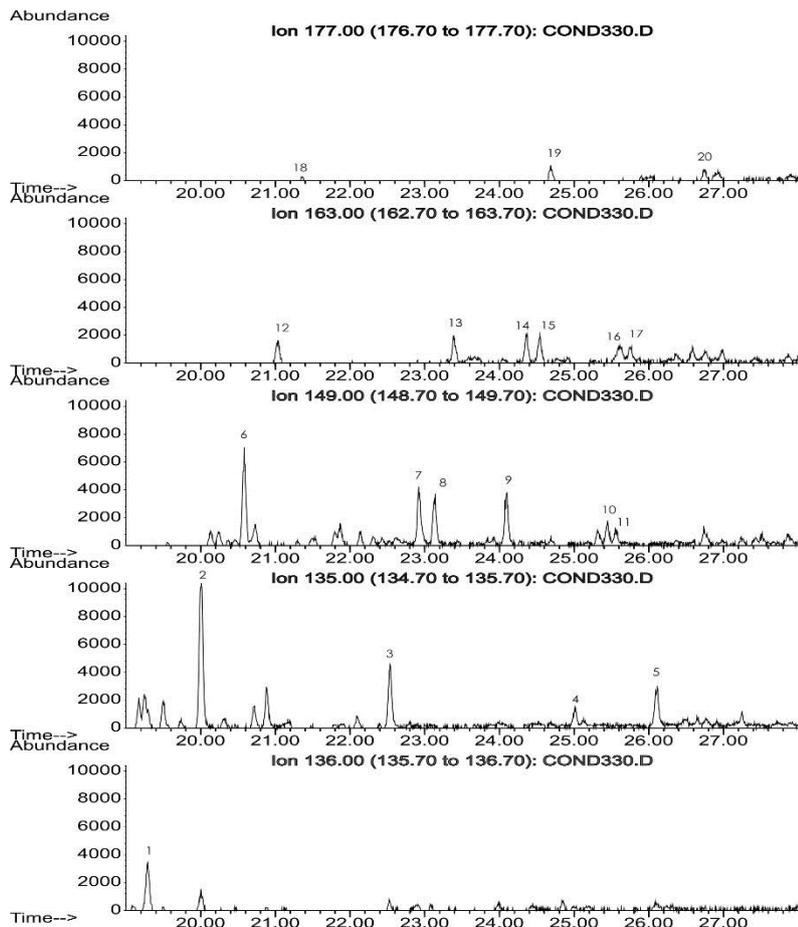
### Результаты и их обсуждение

Конденсат нижнетриасовых отложений Средневилюйской площади характеризуется высоким содержанием циклических углеводородов – 46,1%. Адамантановые УВ, представленные гомологическим рядом от  $C_{10}H_{16}$  до  $C_{14}H_{24}$  (рисунок, табл.1), сконцентрированы во фракции 150–250°C, на долю которой приходится 15% об. Содержание адамантанов в конденсате 0,08%. Среди них преобладают диметилзамещенные гомологи, максимум распределения среди которых приходится на 1,3-диметиладамантан. Монометилзамещенные адамантаны составляют 34,04%, в наибольшем количестве среди них содержится 1-метиладамантан (рисунок, табл.1, 2).

Узкие дистилятные фракции, выкипающие в пределах 150–250°C, характеризуются однотипным характером распределения адамантановых УВ.

По мере повышения температуры выкипания фракций в них уменьшается содержание адамантана и суммарное количество более низкомолекулярных алкилзамещенных адамантанов и увеличивается доля более высокомолекулярных. Среди ди- и триметиладамантанов цис-изомеры несколько преобладают над транс-изомерами или находятся в приблизительно равных количествах.

Нефть Мастахского месторождения из нижнеюрских отложений (скв.77, интервал отбора 1712–1713,6 м) – тяжелая (плотность 920,9 кг/м<sup>3</sup>), с вязкостью 33,3 мм<sup>2</sup>/с, малосернистая (0,10%), малосмолистая (5,9%), с низким содержанием асфальтенов (0,47%). На долю углеводородов приходится 93,75%. Нефть характеризуется вы-



Масс-фрагментограммы адамантанов конденсата Средневиллойского месторождения. Идентификация адамантанов в табл. 1

Таблица 1

Идентификация адамантановых УВ

№ пика	Название УВ
1	Адамантан
2	1-метиладамантан
3	2-метиладамантан
4	1-этиладамантан
5	2-этиладамантан
6	1,3-диметиладамантан
7	1,4-диметиладамантан цис
8	1,4-диметиладамантан транс
9	1,2-диметиладамантан
10	3-метил-1-этиладамантан
11	2,4-диметиладамантан
12	1,3,5-триметиладамантан
13	1,3,6-триметиладамантан
14	1,3,4-триметиладамантан цис
15	1,3,4-триметиладамантан транс
16	3,5-диметил-1-этиладамантан
17	1,2,6-триметиладамантан
18	1,3,5,7-тетраметиладамантан
19	1,3,5,6-тетраметиладамантан
20	1,2,3,5-тетраметиладамантан

сокой температурой начала кипения и низким выходом бензиновой фракции. В углеводородном составе отбензиненной нефти преобладают нафтеново-ароматические структуры (55,63%).

По химическому составу исследованная нефть может быть отнесена к нафтеновым неф-

тям. Особенности в составе и характере распределения алифатических УВ этой нефти [9] обусловлены влиянием процессов биодеградаци, возможность протекания которых в нижнеюрских нефтях Виллойской синеклизы определяется неблагоприятной гидродинамической обстановкой, низкой минерализацией пластовых вод, активной инфильтрацией, невысокой температурой в залежах.

На долю фракции 150–250°С, содержащей адамантановые УВ, приходится 4%. Адамантановые УВ составляют в расчете на нефть 0,28% и представлены гомологическим рядом от C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>

Таблица 2

Сравнительное распределение адамантанов в конденсате и нефтях Западной Якутии

Наименование	Конденсат Средневиллойское м-е, Т <sub>1</sub> -III	Нефть Мастахское м-е, J <sub>1</sub> -I	Нефть Талаканское м-е, осинский гор-т	Нефть Иреляхское м-е, ботуобинский гор-т
Тип флюида	Конденсат	Нефть	Нефть	Нефть
Площадь	Средневиллойская	Мастахская	Талаканская	Иреляхская
Возраст, горизонт	T <sub>1</sub> -III	J <sub>1</sub> -I	осинский гор-т	ботуобинский гор-т
Содержание, % на ∑ адамантанов:				
Адамантан	5,91	7,37	3,13	2,55
Метиладамантаны	34,04	29,96	20,54	15,74
Диметиладамантаны	38,30	40,55	34,38	37,03
Триметиладамантаны	18,96	16,59	28,56	32,13
Тетраметиладамантаны	3,79	5,53	13,39	12,55

до C<sub>14</sub>H<sub>2</sub>. В составе адамантанов преобладают диметилзамещенные адамантаны, максимум распределения среди которых приходится на 1,3-диметиладамантан. Монометилзамещенные адамантаны составляют 29,96%, в наибольшем количестве среди них содержится 1-ме-

Соотношения адамантановых углеводородов в конденсате и нефтях Западной Якутии

Наименование	Конденсат Средневилюйское м-е, Т <sub>1</sub> -III	Нефть Мастахское м-е, J <sub>1</sub> -I	Нефть Талаканское м-е, осинский гор-т	Нефть Иреляхское м-е, ботуобинский гор-т
Тип флюида	Конденсат	Нефть	Нефть	Нефть
Площадь	Средневилюйская	Мастахская	Талаканская	Иреляхская
Возраст, горизонт	Т <sub>1</sub> -III	J <sub>1</sub> -I	осинский гор-т	ботуобинский гор-т
C <sub>11</sub> /C <sub>13</sub>	1,57	1,81	0,72	0,49
C <sub>12</sub> /C <sub>13</sub>	2,32	2,44	1,20	1,15
1МА/(1+2-МА),%	69,09	70,76	76,90	78,40
1ЭА/(1+2-ЭА),%	29,39	37,45	41,60	54,49
1,3ДМА/(1,3+1,2+1,4-ДМА),%	37,13	34,34	38,24	41,66
1,3,5-ТМА/(1,3,5+1,3,6+1,3,4-ТМА),%	20,71	22,17	25,01	24,79
цис-1,4-ДМА/транс-1,4-ДМА	1,12	1,14	1,16	1,00
цис-1,3,4-ТМА/транс-1,3,4-ТМА	1,11	1,00	1,08	1,07

тиладамантан. Отношение  $C_{12}/C_{13}$  больше  $C_{11}/C_{13}$  в 1,4 раза. Среди диметиладамантанов цис-изомеры преобладают над транс-изомерами, среди триметиладамантанов цис- и транс-изомеры находятся в равных соотношениях (табл.2, 3).

Сравнительный анализ показал, что все узкие дистиллятные фракции характеризуются однотипным составом и характером распределения адамантановых УВ. Относительное содержание адамантана (в расчете на адамантановую фракцию) составляет от 5,17 до 9,09%. Наибольший процент в составе адамантанов во всех фракциях приходится на диметиладамантаны  $C_{12}$  (39,8–44,8%) и монометиладамантаны  $C_{11}$  (27,1–32,8%). Отношение  $C_{12}/C_{13}$  больше  $C_{11}/C_{13}$  в 1,3–1,6 раза. Среди ди- и триметиладамантанов цис- и транс-изомеры находятся практически в равных соотношениях.

Процессы биодеградаци, оказавшие влияние на состав и особенности распределения алкановых УВ нижнеюрской нефти, не изменили нормальный характер распределения адамантановых структур. Это свидетельствует об устойчивости адамантанов к процессам биодеградаци и о возможности использования параметров их состава в качестве генетических критериев.

Нефти венд-кембрийских отложений Талаканского и Иреляхского месторождений относятся к легким и средним (822,2–865,7 кг/м<sup>3</sup>), малопарафинистым (0,41–4,36%), малосернистым (0,22–0,46%), смолистым (8,9–20,5%) нефтям с вязкостью 10,98–30,83 мм<sup>2</sup>/с.

Фракция 150–250°С, содержащая адамантановые УВ, составляет 16,8% в талаканской нефти и 19,5% – в иреляхской. Для узких 10°-х дистиллятных фракций в интервале температур 150–250°С по мере повышения температуры выкипания фракций их плотность изменяется от 755 до 830 кг/м<sup>3</sup>, вязкость – от 1,11 до 5,62

мм<sup>2</sup>/с, содержание серы от 0,028 до 0,161%. Температура застывания составляет –45...–52°С во фракции 180–190°С и повышается до –19...–31,5°С во фракции 240–250°С. Все фракции характеризуются высоким содержанием алкановых углеводородов, а среди них гомологов нормального строения.

Адамантановые углеводороды фракции 150–250°С нефтей Талаканского и Иреляхского месторождений представлены гомологическим рядом от  $C_{10}H_{16}$  до  $C_{14}H_{24}$ . На долю этих углеводородов приходится около 0,25%, что в пересчете на нефть составляет приблизительно 0,04%. В их составе преобладают диметилзамещенные адамантаны, относительное содержание которых 34,4–37,0%. Метиладамантаны составляют 15,7–20,5%, среди них основная доля 12,3–13,4% приходится на 1-метиладамантан. Триметиладамантаны составляют 28,5–32,1%. Отношение  $C_{12}/C_{13}$  больше  $C_{11}/C_{13}$  в 1,6–2,3 раза. Среди диметил- и триметиладамантанов цис-изомеры преобладают над транс-изомерами или их соотношение близко к единице (табл.2, 3).

Узкие дистиллятные фракции однотипны по составу и характеру распределения адамантановых УВ. По мере повышения температуры выкипания фракций в их составе понижается относительное содержание адамантана и суммарное количество более низкомолекулярных алкилзамещенных адамантанов и увеличивается доля более высокомолекулярных структур. Среди ди- и триметиладамантанов цис-изомеры несколько преобладают над транс-изомерами или находятся в близких соотношениях.

В результате проведенных исследований установлено, что содержание адамантановых углеводородов в нефтях Талаканского и Иреляхского месторождений, относящихся по химическому типу к алкановым нефтям, значительно ниже, чем в нижнеюрской нафтеновой нефти Мастахского месторождения. Это согласуется с мнением

исследователей, отмечающих, что количество адамантановых УВ в различных нефтях находится в прямой зависимости от химической природы нефти. Наиболее высоким содержанием адамантанов характеризуются нефти нафтенового типа, парафинистые нефти содержат эти УВ в значительно меньшем количестве [2]. Как видно из табл.2, во фракциях 150–250°С нефтей Талаканского и Иреляхского месторождения по сравнению с нефтью Мастахского месторождения ниже содержание адамантана, метиладамантанов и выше доля три- и тетраметиладамантанов. В целом состав и характер распределения адамантанов в изученных углеводородных флюидах однотипны.

Следует отметить, что во всех исследованных нефтях и конденсате наблюдается необычный порядок элюирования алкиладамантанов, например, как на рисунке. Все метилзамещенные (в голове моста) адамантаны имеют значительно более низкие температуры кипения, чем углеводороды, где хотя бы один из заместителей не расположен в голове моста (2-метил-, 1,2- и 1,4-диметиладамантаны и др.). Разница в температурах кипения таких адамантанов настолько велика, что 2-метиладамантан элюируется позднее 1,3,5,7-тетраметиладамантана [10].

Известно, что термодинамически более устойчивые углеводороды: 1-метил-, 1,3-диметил-, 1,3,5-триметил- и 1,3,5,7-тетраметиладамантаны, хотя и присутствуют в заметных концентрациях, все же не являются основными компонентами нефтяных смесей. Аналогичное распределение адамантановых углеводородов было получено и в изученных углеводородных флюидах: концентрации более устойчивых изомеров адамантанов  $C_{11}$ - $C_{13}$  – 1-метил-, 1,3-диметил- и 1,3,5-триметиладамантана оказались ниже равновесных и падали с увеличением молекулярной массы адамантановых УВ (табл.3). Так, относительное содержание 1-метиладамантана составило 76,9–78,4%, 1,3-диметиладамантана – 38,2–41,2%, 1,3,5-триметиладамантана – 24,8–25,0%. В то время как в равновесии их содержание варьирует в пределах 92,5–98% [10].

Предполагается, что адамантановые углеводороды могли образоваться путем изомеризации трициклических углеводородов на природных алюмосиликатных катализаторах. Согласно экспериментальным данным [10], образование термодинамически более устойчивых изомеров – соединений, содержащих алкильные группы в узловых положениях, является наиболее медленной стадией изомеризации. Эта особенность изомерных превращений и определяет, по-видимому, относительно не-

большое содержание таких изомеров в нефтях. Также известно, что с увеличением числа замещенных третичных атомов углерода в молекуле алкиладамантанов значительно уменьшается скорость их изомеризации [2]. Вероятно, вследствие этого в ряду алкиладамантанов  $C_{12}$ – $C_{14}$  степень превращения природных алкиладамантанов уменьшается. Эта закономерность наблюдалась и в исследованных нефтях (табл.3). По мнению Е.И. Багрия [2], это свидетельствует в пользу того, что образование адамантанов шло путем изомеризации трициклических углеводородов, а содержание и соотношение изомеров алкиладамантанов нефти определяются природой катализатора, условиями и продолжительностью контакта с катализатором, т.е. кинетическими факторами.

Более высокое содержание адамантанов в нафтеновых нефтях связывают [2] с их химическим составом, характеризующимся содержанием большого количества полициклических углеводородов, при деструкции которых могут образовываться фрагменты, являющиеся предшественниками адамантанов.

## Выводы

1. Установлено присутствие адамантановых УВ, представленных гомологическим рядом  $C_{10}$ – $C_{14}$ , в разновозрастных нефтях и конденсате Западной Якутии: в нижнеюрской нефти Мастахского месторождения, в нижнетриасовом конденсате Средневилюйского месторождения, в вендских нефтях Талаканского и Иреляхского месторождений. В их составе в мастахской нефти и средневилюйском конденсате преобладают диметил- и монометиладамантаны, в талаканской и иреляхской нефтях – диметил- и триметиладамантаны.

2. Количественное содержание адамантанов преимущественно определяется химическим типом нефти и источником их генерации. Наибольшее содержание адамантановых углеводородов (0,28%) установлено в нафтеновой нефти Мастахского месторождения, генерированной органическим веществом континентальных фаций. Наименьшее (0,04%) – в алкановых нефтях Талаканского и Иреляхского месторождений, связанных генетически с органическим веществом морских фаций. В средневилюйском конденсате содержание адамантанов 0,08%. Более высокое содержание адамантановых УВ в нафтеновых нефтях связывают с большим количеством полициклических УВ, при деструкции которых могут образоваться фрагменты, являющиеся предшественниками адамантанов.

3. Состав и распределение адамантанов в узких дистиллятных фракциях нефтей и конденса-

та, выкипающих в пределах 150–250°C, носят однотипный характер. По мере повышения температуры выкипания фракций в них уменьшается содержание адамантана и суммарное содержание более низкомолекулярных алкилзамещенных адамантанов и увеличивается доля более высокомолекулярных.

4. Отмечен необычный порядок элюирования алкиладамантанов. Все метилзамещенные (в голове моста) адамантаны имеют значительно более низкие температуры кипения, чем углеводороды, где хотя бы один из заместителей не расположен в голове моста (2-метил-, 1,2- и 1,4-диметиладамантаны и др.).

5. Установлен неравновесный характер распределения алкилзамещенных адамантанов во всех исследованных флюидах, в целом характерный для нефтей и указывающий на важную роль кинетического фактора в процессах образования адамантановых углеводородов. Вследствие этого содержание и соотношение изомеров адамантановых УВ должно зависеть не только от состава нефти и материнского органического вещества, но и от путей миграции углеводородов, времени миграции, состава пород, выполняющих функцию катализатора в процессах изомеризации.

6. Процессы биодеградации, оказавшие влияние на состав и особенности распределения алкановых УВ нефтяной нижеюрской нефти Мастахского месторождения, не изменили состав и нормальный характер распределения адамантановых структур, что свидетельствует о высокой устойчивости адамантанов к биоокислению и о возможности использования их в качестве геохимических меток.

*Исследования выполнены в рамках интеграционного проекта №18 «Нафтеносы нефти и*

*нафтиды Сибири (условия образования, особенности состава и свойства, направления использования)».*

### Литература

1. Петров Ал.А. Химия нафтенос. – М.: Наука, 1971. – 388 с.
2. Багрий Е.И. Адамантаны: Получение, свойства, применение. – М.: Наука, 1989. – 264 с.
3. Гордадзе Г.Н., Арефьев О.А. Адамантаны генетически различных нефтей // Нефтехимия. – 1997. – Т.37, №5. – С.387–395.
4. Гордадзе Г.Н. Термолиз органического вещества в нефтегазопроисходительной геохимии. – М.: ИГиРГИ, 2002. – 336 с.
5. Гируц М.В., Гордадзе Г.Н. Генерация адамантанов и диамантанов в результате термического крекинга полярных компонентов нефтей разного генотипа // Нефтехимия. – 2007. – Т.47, №1. – С.15–25.
6. Гордадзе Г.Н., Русинова Г.В. Диамантаны состава C<sub>14</sub>–C<sub>15</sub> в органическом веществе кристаллического фундамента // Геохимия. – 2004. – №11. – С.1228–1232.
7. Каширцев В.А., Нестеров И.И., Меленевский В.Н. и др. Биомаркеры и адамантаны в нефтях из сеноманских отложений Западной Сибири // Геология и геофизика. – 2013. – Т.54, №8. – С.1227–1235.
8. Петров Ал.А., Головкина Л.С., Русинова Г.В. Масс-спектры нефтяных углеводородов. Справочник (атлас) / Под ред. Ал.А. Петрова. – М.: Недра, 1986. – 313 с.
9. Изосимова А.Н., Чалая О.Н. Реликтовые углеводороды в органическом веществе и нефтях Западной Якутии. – Новосибирск: Наука, 1989. – 127 с.
10. Петров Ал.А. Углеводороды нефти. – М.: Наука, 1984. – 284 с.

*Поступила в редакцию 17.11.2014*

УДК 551.243(571.56)

## Типоморфизм и РТ-условия формирования жильного кварца полихронных месторождений

Г.Н. Гамянин, В.Ю. Фридовский, Л.И. Полуфунтикова, Е.В. Рыжкович

*Изучен кварц метаморфогенно-гидротермального, золото-висмутитового, золото-кварцевого мало-сульфидного, бертьерит-антимонитового, серебро-сурьмяного оруденения Тарынского рудно-*

ГАМЯНИН Геннадий Николаевич – д.г.-м.н., проф., в.н.с. Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, gagmen@mail.ru; ФРИДОВСКИЙ Валерий Юрьевич – д.г.-м.н., проф., директор Института геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, 710933@list.ru; ПОЛУФУНТИКОВА Лена Идененовна – к.г.-м.н., доцент ГРФ Северо-Восточного федерального университета, pli07@list.ru; РЫЖКОВИЧ Екатерина Владимировна – зав. лаб. ГРФ Северо-Восточного федерального университета, 2909–87@mail.ru.

та, выкипающих в пределах 150–250°C, носят однотипный характер. По мере повышения температуры выкипания фракций в них уменьшается содержание адамантана и суммарное содержание более низкомолекулярных алкилзамещенных адамантанов и увеличивается доля более высокомолекулярных.

4. Отмечен необычный порядок элюирования алкиладамантанов. Все метилзамещенные (в голове моста) адамантаны имеют значительно более низкие температуры кипения, чем углеводороды, где хотя бы один из заместителей не расположен в голове моста (2-метил-, 1,2- и 1,4-диметиладамантаны и др.).

5. Установлен неравновесный характер распределения алкилзамещенных адамантанов во всех исследованных флюидах, в целом характерный для нефтей и указывающий на важную роль кинетического фактора в процессах образования адамантановых углеводородов. Вследствие этого содержание и соотношение изомеров адамантановых УВ должно зависеть не только от состава нефти и материнского органического вещества, но и от путей миграции углеводородов, времени миграции, состава пород, выполняющих функцию катализатора в процессах изомеризации.

6. Процессы биодеградаци, оказавшие влияние на состав и особенности распределения алкановых УВ нефтяной нижеюрской нефти Мастахского месторождения, не изменили состав и нормальный характер распределения адамантановых структур, что свидетельствует о высокой устойчивости адамантанов к биоокислению и о возможности использования их в качестве геохимических меток.

*Исследования выполнены в рамках интеграционного проекта №18 «Нафтеносные нефти и*

*нафтиды Сибири (условия образования, особенности состава и свойства, направления использования)».*

### Литература

1. Петров Ал.А. Химия нафтенос. – М.: Наука, 1971. – 388 с.
2. Багрий Е.И. Адамантаны: Получение, свойства, применение. – М.: Наука, 1989. – 264 с.
3. Гордадзе Г.Н., Арефьев О.А. Адамантаны генетически различных нефтей // Нефтехимия. – 1997. – Т.37, №5. – С.387–395.
4. Гордадзе Г.Н. Термолиз органического вещества в нефтегазопроисходительной геохимии. – М.: ИГиРГИ, 2002. – 336 с.
5. Гируц М.В., Гордадзе Г.Н. Генерация адамантанов и диамантанов в результате термического крекинга полярных компонентов нефтей разного генотипа // Нефтехимия. – 2007. – Т.47, №1. – С.15–25.
6. Гордадзе Г.Н., Русинова Г.В. Диамантаны состава C<sub>14</sub>–C<sub>15</sub> в органическом веществе кристаллического фундамента // Геохимия. – 2004. – №11. – С.1228–1232.
7. Каширцев В.А., Нестеров И.И., Меленевский В.Н. и др. Биомаркеры и адамантаны в нефтях из сеноманских отложений Западной Сибири // Геология и геофизика. – 2013. – Т.54, №8. – С.1227–1235.
8. Петров Ал.А., Головкина Л.С., Русинова Г.В. Масс-спектры нефтяных углеводородов. Справочник (атлас) / Под ред. Ал.А. Петрова. – М.: Недра, 1986. – 313 с.
9. Изосимова А.Н., Чалая О.Н. Реликтовые углеводороды в органическом веществе и нефтях Западной Якутии. – Новосибирск: Наука, 1989. – 127 с.
10. Петров Ал.А. Углеводороды нефти. – М.: Наука, 1984. – 284 с.

*Поступила в редакцию 17.11.2014*

УДК 551.243(571.56)

## Типоморфизм и РТ-условия формирования жильного кварца полихронных месторождений

Г.Н. Гамянин, В.Ю. Фридовский, Л.И. Полуфунтикова, Е.В. Рыжкович

*Изучен кварц метаморфогенно-гидротермального, золото-висмутитового, золото-кварцевого мало-сульфидного, бертьерит-антимонитового, серебро-сурьмяного оруденения Тарынского рудно-*

ГАМЯНИН Геннадий Николаевич – д.г.-м.н., проф., в.н.с. Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, gagmen@mail.ru; ФРИДОВСКИЙ Валерий Юрьевич – д.г.-м.н., проф., директор Института геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, 710933@list.ru; ПОЛУФУНТИКОВА Лена Идененовна – к.г.-м.н., доцент ГРФ Северо-Восточного федерального университета, pli07@list.ru; РЫЖКОВИЧ Екатерина Владимировна – зав. лаб. ГРФ Северо-Восточного федерального университета, 2909–87@mail.ru.

россыпного узла. Описаны и проанализированы основные типоморфные признаки кварца, такие как содержание окиси лития ( $Li_2O$ , г/т), объем элементарной ячейки ( $V_{э.я}$  Å) и степень кристаллического совершенства (СКС, отн. %). На микроуровне описаны структурно-текстурные особенности, характеризующие длительность и многоэтапность минералообразования. Представлены новые результаты термометрических исследований флюидных включений и определены РТ условия формирования жильного кварца продуктивного этапа.

Ключевые слова: оруденение, кварц, типоморфизм, температура гомогенизации, флюидные включения.

*Quartz of metamorphogenic-hydrothermal, gold-bismuth, gold-quartz lowsulfide, berthierite-antimonite, silver-antimony mineralization of Taryn ore-placer knot is studied. Basic typomorphic features of quartz are described and analyzed, such as lithium oxide content ( $Li_2O$ , g/t), unit cell volume (UCV Å) and degree of crystalline perfection (DCP, relative %). Structural-textural features, characterizing duration and multistage of mineral formation are described at microlevel. New results of thermometric researches of fluid inclusions are presented and РТ conditions of formation of vein quartz of the productive stage are defined.*

Key words: mineralization, quartz, typomorphism, temperature of homogenization, fluid inclusions.

## Введение

Важным признаком крупных месторождений является совмещение разных типов оруденения в пределах единых рудолокализирующих геологических структур [1, 2]. Проницаемость многократно активизированных тектонических структур создает условия движения флюидов, генерируемых на разных глубинах и имеющих индивидуальную геохимическую специализацию, к рудолокализирующим структурам верхних уровней земной коры, что приводит к совмещению в данных структурах различных типов минерализации. В Тарынском рудно-россыпном узле (ТРУ) выявлено несколько генетических типов минерализации: метаморфогенно-гидротермальный, золото-висмутовый, золото-кварцевый малосульфидный, бертьерит-антимонитовый, серебро-сурьмяный [3–5], имеющих определенное пространственное положение и временные взаимоотношения. ТРУ расположен на границе Кулар-Нерского турбидитового террейна (сланцевого пояса) и Верхоянского складчато-надвигового пояса, которая проходит по зоне Адыча-Тарынского разлома (АТР) – крупнейшей на северо-востоке тектонической структуре вместе с Тенькинским разломом, протягивающейся на расстояние более 1100 км.

Разнообразие минеральных типов на площади рудного узла подтверждается временными взаимоотношениями рудных тел, представляющих эти типы. Но подобные взаимоотношения довольно редки и встречаются не на всех объектах рудного узла. Поэтому очень важно установление типоморфных признаков одних и тех же минералов в разных типах оруденения. Главный жильный минерал всех типов оруденения ТРУ – кварц, который является весьма

информативным минералом для изучения рудообразующих процессов [6].

Рудные тела ТРУ представлены минерализованными зонами дробления со стержневыми кварцевыми жилами в интенсивно проработанных тектонических нарушениях преимущественно двух систем – северо-западной, соответствующей простиранию главного Адыча-Тарынского разлома и близширотной. В большинстве случаев, это косо секущие, субогласные, круто- и пологозалегающие ветвящиеся, линзовидные с разноориентированными апофизами и раздувами рудные тела с изменчивым простиранием и мощностью. Прожилковый чехол морфологически более выдержан и отчетливо трассирует рудные тела в их призальбандовых и фланговых частях. Характерно разнообразное взаимоотношение кварца и карбоната. Встречаются участки с поздними просечками кварца, секущими кварц-карбонатные прожилки, а также поздние секущие карбонатные просечки. В целом прожилковый ореол является жильной фацией вмещающих их березитов.

## Общая характеристика

Кварц – ведущий жильный минерал всех типов оруденения. Наиболее ранними образованиями являются гидротермально-метаморфогенные жилы кварц-хлорит-карбонатного (анкерит, кальцит) состава. Мощность отдельных жил не превышает 15–20 см. По простиранию они достаточно быстро выклиниваются и переходят в маломощные проводники. Нередко такие жилы имеют послойный характер и участвуют совместно с вмещающими породами в пликативных деформациях. В пластах песчаников характерно тонкое прожилкование, имеющее нередко ветвящийся характер. Метасоматический кварц за-

вершает процесс метасоматоза, когда практически все минералы вмещающих пород замещены кварцем, за исключением реликтов углестого вещества. Поэтому естественна приуроченность данного кварца к зальбандовым частям рудных тел, где он формирует полосчатые текстуры. Его взаимоотношения с жильным молочно-белым кварцем разнообразны. Это могут быть как отчетливые, хотя и не рвущие контакты, так и вполне постепенные переходы, что отражает последовательную смену процессов околожильного метасоматического преобразования жильным выполнением и смену режима сжатия на растяжение. Метасоматический кварц формирует неравномернозернистые (0,001–0,1мм) агрегаты с многочисленными реликтами углестого вещества и хлорита, который придает кварцу бледно-зеленоватый оттенок. Типоморфные признаки метаморфогенного кварца приведены в табл. 1. Особенностью его являются отсутствие или весьма низкие содержания (в пределах 0,0001–0,0003%)  $Li_2O$  и низкая термолюминесценция ( $T_{линт}$ ) с отсутствием пиков.

Молочно-белый кварц рудных зон представлен крупнозернистыми, преимущественно аллотриоморфнозернистыми агрегатами, которые начинают свой рост с геометрического отбора от зальбандов рудных тел или от метасоматического кварца. В молочно-белом кварце встречаются обломки вмещающих пород с прожилками кварц-хлоритового состава метаморфогенного генезиса, а в центральных частях рудных жил нередко формируются друзовые пустотки различного размера и конфигурации. По своим типоморфным свойствам он соответствует кварцу малосульфидной золото-кварцевой формации [1]. При этом золотоносный кварц верховьев ручья Малтан по этим параметрам соответствует кварцу полиметаллического, а кварц рудной зоны 3 – кварцу сульфогематитового типа [6].

Золото-висмутовое оруденение приурочено исключительно к маломощным (2–4 см) прожилкам среди тонко- и мелкозернистых песчаников. Кварц прожилков – среднезернистый, полупрозрачный с мелкими хрусталевидными кристалликами в пустотках. Типоморфным признаком его является весьма высокая интенсивность пиков термолюминесценции ( $T_{линт}$ ) – 4660–7500 у.е. В прожилках выявлены пирротин-Со-Ni-сульфоарсенидная и висмут-сульфотеллуридная минеральные ассоциации.

При наложении антимонитовой минерализации происходят катаклаз и регенерация молочно-белого кварца, который не только осветляется и очищается от примесей вдоль тончайших флюидопроводников, но испытывает объёмное растворение по границам зёрен. Прожилки прозрачного регенерированного кварца рассекают ранний молочно-белый кварц как в виде мельчайших паутинообразных просечек, так и более крупных прожилков. Нередко в таких прожилках присутствуют тонкоигольчатый антимонит и дикиит. Регенерированный кварц по своим типоморфным признакам существенно отличается от раннего молочно-белого (табл.1) и по их параметрам сопоставим с кварцем малоглубинных серебро-сурьмяных месторождений, что характерно для всей Верхояно-Колымской провинции [1, 7]. Эти данные свидетельствуют о существенно разных условиях кристаллизации описываемых разновидностей кварца.

Серебро-сурьмяное оруденение имеет широкое площадное распространение вдоль всей Адыча-Тарынской зоны разломов, хотя концентрированное оруденение дает лишь в субширотных зонах Тарынского субвулкана. Эта поздняя эпitherмальная минерализация представлена прожилками и жилами сферолитового, криптозернистого или колломорфно-почковидного кварца с убогой сульфидной вкрапленностью. Она выявлена на всех месторождениях данного узла, накладываясь на различные генетические типы

Т а б л и ц а 1

Типоморфные признаки кварца различных генетических типов оруденения

	Типы оруденения				
	Гидротермально-метаморфогенный	Золото-висмутовый	Малосульфидный золото-кварцевый	Бергтерит-антимонитовый	Серебро-сурьмяный
	Типы кварца				
	шестоватый, маслянистый	среднезернистый, полупрозрачный	крупнозернистый, молочно-белый	осветленный, шестоватый	сферолитовый, криптозернистый
$Li_2O$ , г/т	<1	35–65	5 – 12	120 – 145	220 – 260
$V_{э.я.}$ , Å	112,982 – 112,984	112,975 – 112,980	112,990 – 112,998	113,072 – 113,081	113,112 – 113,117
СКС, %	75 – 80	70–74	50–60	42–48	35 – 40
$T_{линт}$ , у.е.		4660–7500	$I_1$ – 54– 70; $I_2$ – 42–53	330–450	
$T_{гом}$ , °С		204–277	$T_1$ – 226; $T_2$ – 248 (280)	140–260	
$H_2O$ , %			0,07–0,15	0,02–0,06	

оруденения. На Дора-Пильском рудном поле зафиксированы прожилки (1–5 см) и жилы (15–25 см) темно-серого до черного криптозернистого кварца, секущего и цементирующего продукты малосульфидного золото-кварцевого оруденения. Этот кварц по своим типоморфным свойствам сходен (табл. 1) с кварцем серебро-сурьмяных месторождений, развитых среди Тарынского субвулкана [8].

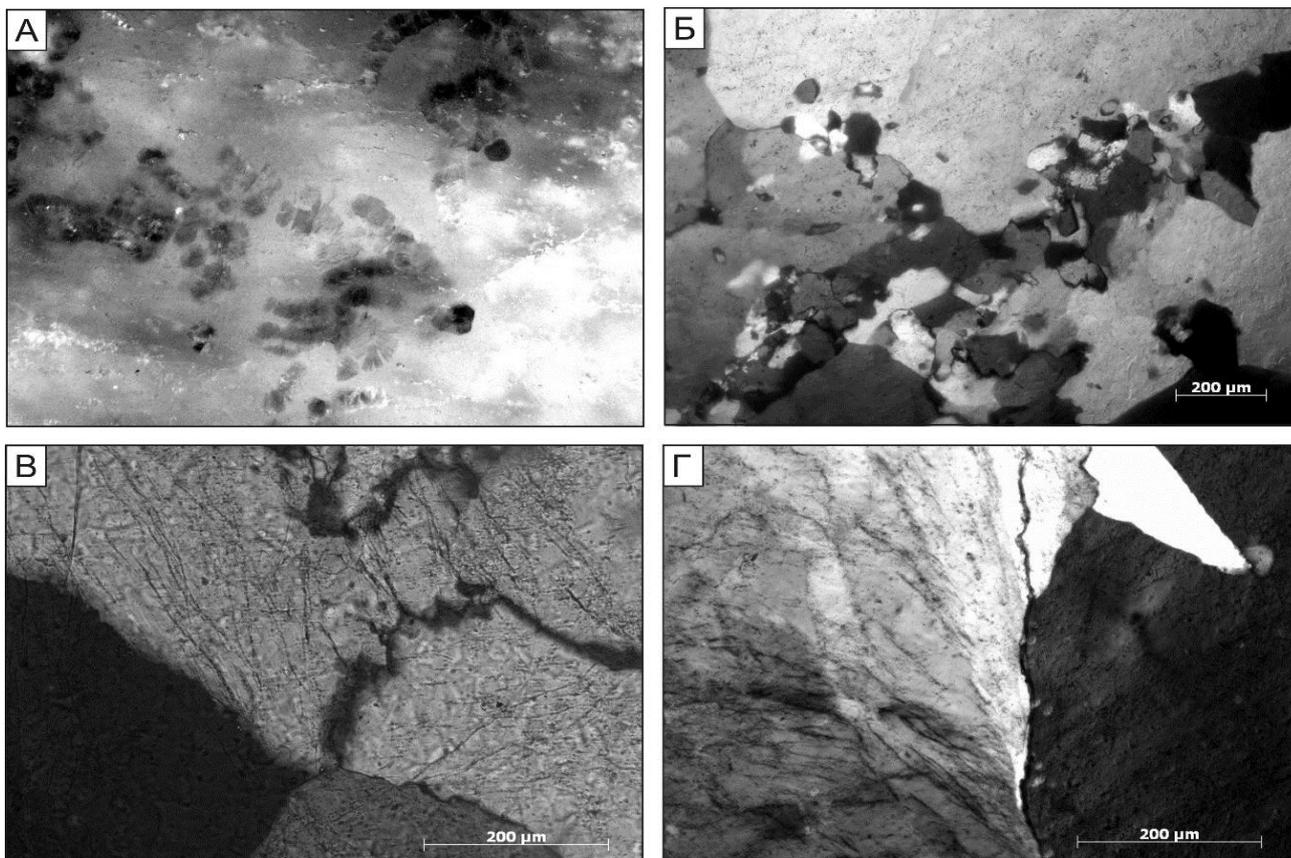
### Микроскопический анализ

Микроскопическое изучение позволило выделить некоторые особенности кварца разных типов оруденения. Для метаморфогенного кварца характерно присутствие хлорита в виде червеобразных зерен или розетковидных агрегатов бледно-зеленоватого цвета, которые насыщают кварц в приальбандовых зонах (рис. 1, А).

Первичный молочно-белый кварц представлен удлиненными зернами с признаками пластической деформации. На границе зерен установлены рекристаллизационно-бластическое замещение и миграция вещества с образованием сутурных границ (рис.1, Б, В). Довольно

часто отмечается блоковая структура. Повсеместно наблюдаются полосы пластической деформации – полосы Бёма. Они насыщены мелкими газовой-жидкими включениями и имеют вид буроватых изогнутых нитевидных образований (рис.1, В, Г). В кварце отмечается множество залеченных трещин различной ориентировки. Таким образом, молочно-белый кварц претерпел многократные деформации, связанные с тектоническими событиями.

Регенерированный водяно-прозрачный кварц бертьерит-антимонитового оруденения нередко содержит включения наиболее ранних минералов из числа образующихся и переотлагающихся при наложении поздней антимонитовой минерализации. В его кристаллах встречаются овальные выделения антимонита, никель- и сурьмусодержащие пирит и арсенопирит, аурустибит, регенерированное золото, его колломорфные горчичного оттенка окисные и гидроокисные соединения [1, 9], подобно тем, что обнаружены на месторождении Сарылах, хотя на месторождении Малтан они встречаются значительно реже. На реликтовых зёрнах появляются новообразованные кварцевые каймы, а переотложенные новообразования его представлены рисовидными агрегатами



**Рис. 1.** Характерные особенности молочно-белого кварца: А – розетковидные агрегаты хлорита в метаморфогенном кварце; Б – грануляция на границе зерен; В – стилолитовые швы; Г – деформационные полосы

мелких (до 1–2 мм) двухголовчатых дипирамидально-призматических кристаллов в антимонитовой матрице и разноразмерными (3–5 мм в среднем) друзовидными щётками в полостях выщелачивания раннего кварца.

В криптозернистом кварце из сульфидов преобладает вкрапленность, представленная тонкозернистым до пылевидного пиритом с редкими зернами ромбовидного арсенопирита и их сростками.

### Термометрические исследования

Микротермометрические исследования флюида проводились в лаборатории СВФУ с использованием оптического микроскопа AxioScore.A1 с моторизованным температурным столиком (до 600°C) и системой охлаждения образца жидким азотом (до –196°C) (LNP95). Соленость растворов во включениях измерялась по температуре плавления льда [10]. Солевой состав растворов определялся по температурам эвтектик [11]. Анализ был проведен в образцах молочно-белого кварца, так как для кварца других типов характерно присутствие ультрамелких флюидных включений, не пригодных для проведения измерений.

Большинство флюидных включений имеют размер 1–10 мкм, неправильную форму и разделяются на первичные включения и вторичные. Первичные включения можно разделить на два типа: 1 – существенно водные двухфазные (вода и водный пар); 2 – двухфазные (при комнатной температуре) углекислотные (при охлаждении отделяется третья фаза – газовая углекислота) (рис. 2, А). Первичные включения располагаются вдоль плоскостей роста в кварце, либо отмечаются как одиночные включения в пределах зерна. Вторичные включения преимущественно водные двухфазные, приурочены к трещинам в кварце, полосам деформаций и границам зерен (рис. 2, Б) [12].

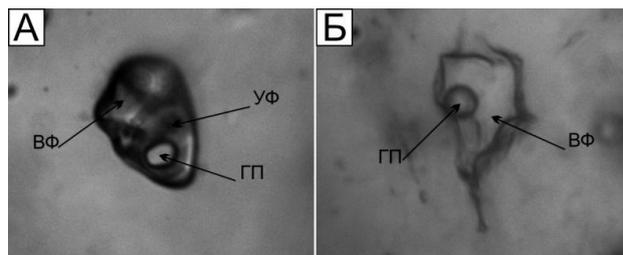


Рис. 2. Флюидные включения в кварце месторождений Тарынского рудного узла: А – первичное двухфазное углекислотное; Б – вторичное двухфазное; ВФ – водная фаза; ГП – газовый пузырек; УФ – углекислотная фаза

Результаты термо- и криометрических исследований индивидуальных флюидных включений в кварце месторождений Тарынского рудного узла представлены в табл. 2. Первичные флюидные включения захватывались в интервале температур от 415 до 253 °С, при давлении флюида 1,43 – 0,23 Кбар. Концентрация солей в пересчете на NaCl-эквивалент варьирует в пределах 3,2–10,7 мас.%. Вторичные флюидные включения содержали водный раствор с концентрацией солей 9,86–0,88 мас.%-экв. NaCl и гомогенизировались в жидкость при температуре 245–120 °С. Водные растворы солей, содержащиеся во включениях, представлены двумя солевыми системами: NaCl–KCl–H<sub>2</sub>O с температурой плавления эвтектики около –23°С (54 включения) и NaCl–MgCl<sub>2</sub>–H<sub>2</sub>O с температурой плавления эвтектики около –35°С (181 включение). Единичные включения с T<sub>эвт</sub> = –21°С соответствуют системе NaCl–H<sub>2</sub>O [11].

Распределение температурных данных по частотам их встречаемости позволило установить, что для исследованного кварца характерно двухмодальное распределение (M<sub>01</sub>=189,6°С; M<sub>0</sub>=294°С) с ярко выраженной модой в интервале 281–300°С (рис.3). Температуры гомогенизации составляют непрерывный ряд в интервале от 420 до 120°С. Более 65% изученных флюидных включений гомогенизировались в среднетемпе-

Таблица 2

### Результаты термо- и криометрических исследований индивидуальных флюидных включений в кварце

Тип	n	Температура, °С			Концентрация солей, мас.%-экв. NaCl	P, кбар
		гомогенизации	эвтектики	плавления льда		
Дора-Пильское рудное поле						
П	73	362–260	–37...–24,3	–6,9...–1,9	10,36 – 3,23	1,43 – 0,23
В	21	249–140	–31...–29	–4,0...–0,9	6,4 – 1,6	-
Сана-Малтанское рудное поле						
П	29	415–375	–38...–24,6	–7,2...–2,6	10,73 – 4,34	0,75
В	37	245–120,1	–29...–23	–6,5...–0,8	9,86 – 0,88	-
Мало-Тарынное рудное поле						
П	92	318–253	–35...–31	–5,1...–3,0	6,5 – 3,4	0,76
В	27	230–169	–31...–21	–4,0...–1,5	-	-

Примечание. Генетический тип включений: П – первичные; В – вторичные; n – количество исследованных включений.

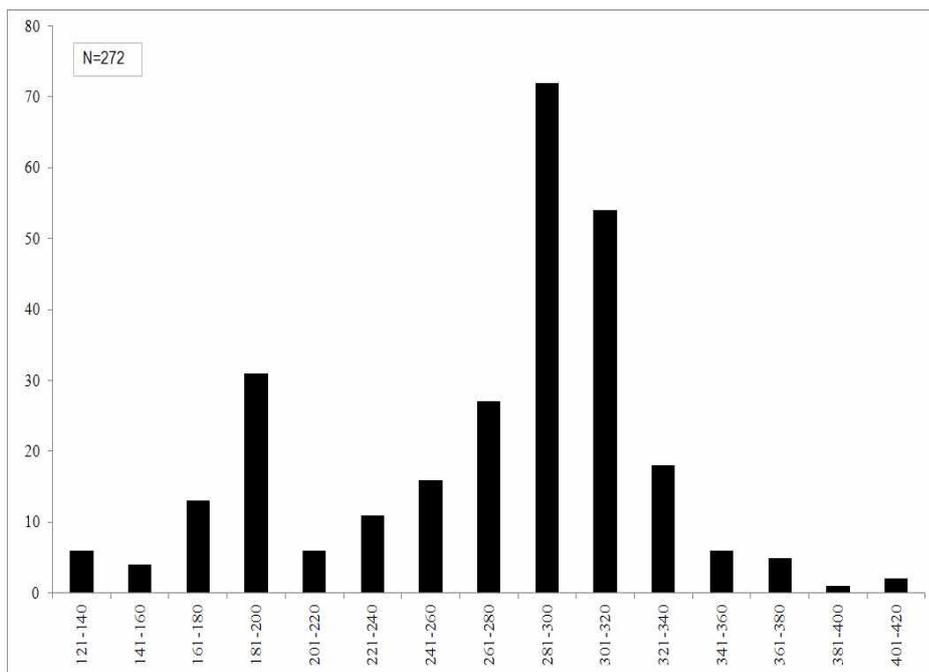


Рис. 3. Частота встречаемости температуры гомогенизации в молочно-белом кварце

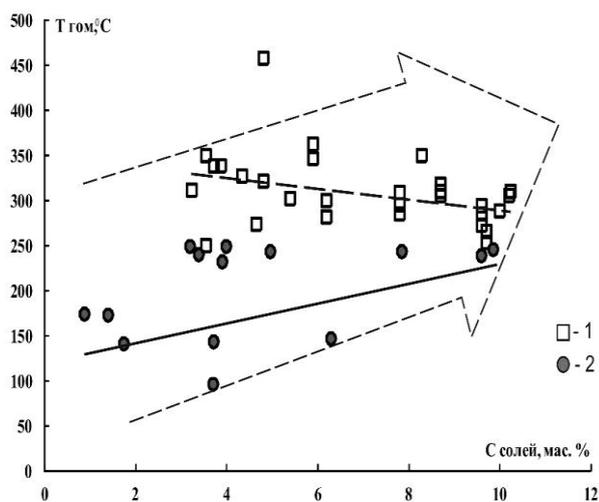


Рис. 4. Зависимости температуры гомогенизации от концентрации солей флюидных включений в кварце месторождений Тарынского рудного узла: 1 – первичные включения; 2 – вторичные включения; стрелка – общий тренд «температура–концентрация солей»

ратурном интервале от 200 до 320°C, что характерно для рудного кварца золото-кварцевых малосульфидных месторождений.

Анализируя результаты термо- и криометрических исследований, можно отметить, что, в целом, на диаграмме «температура–концентрация солей» наблюдается непрерывный тренд (рис. 4). Для первичных включений устанавливается слабая обратная зависимость, а для вторичных – отчетливая прямая.

## Выводы

Проведенные исследования показали высокую информативность кварца как индикатора условий минералообразования, генетических типов и зональности оруденения. Основными типоморфными признаками, характеризующими кварц различных генетических типов оруденения, являются содержания окиси лития ( $Li_2O$ , г/т), объем элементарной ячейки ( $V_{э.я.}$ , Å) и степень кристаллического совершенства (СКС, отн. %).

Для кварца различных генетических типов установлен на макро- и микроуровнях ряд особенностей. Включения хлорита характерны для метаморфогенного кварца развитого, главным образом, в при-

зальбандовых частях жил. В молочно-белом рудном кварце отмечаются разномасштабные деформации (рекристаллизационно-бластическое замещение, сутурные границы, полосы Бёма и др.). Двухголовчатые дипирамидально-призматические кристаллы, развивающиеся в антимонитовом матриксе и в полостях выщелачивания, являются характерными для регенерированного водяно-прозрачного кварца бертьерит-антимонитового оруденения. В связи с поздним серебро-сурьмяным оруденением формируются прожилки сферолитового, криптозернистого или колломорфно-почковидного кварца с убогой сульфидной вкрапленностью.

Молочно-белый кварц золото-кварцевого малосульфидного оруденения формировался из одной порции растворов с высокими концентрациями кремнезема, в среднетемпературном интервале в условиях повышенных давлений и переменной щелочности с последующим взаимодействием с вмещающей средой.

*Исследование выполнено за счет гранта Российской научной организации (проект №14-17-00465).*

## Литература

1. Гамянин Г.Н. Минералого-генетические аспекты золотого оруденения Верхояно-Колымских мезозоид. – М.: ГЕОС, 2001. – 221 с.
2. Волков А.В. Закономерности размещения и условия формирования золоторудных месторождений в зонах тектоно-магматической активизации Северо-

Востока России // Геология рудных месторождений. – 2005. – Т. 47, №3. – С. 211–229.

3. Фридовский В.Ю., Гамянин Г.Н., Полуфунтикова Л.И. Дора-Пильское рудное поле: строение, минералогия и геохимия среды рудообразования // Руды и металлы. – 2012. – № 5. – С. 7–21.

4. Фридовский В.Ю., Гамянин Г.Н., Полуфунтикова Л.И. Золото-кварцевое месторождение Сана, Тарынский рудный узел // Разведка и охрана недр. – 2013. – № 12. – С. 3–7.

5. Фридовский В.Ю., Гамянин Г.Н., Полуфунтикова Л.И. Золото-кварцевая и сурьмяная минерализация месторождения Малтан (Северо-Восток России) // Тихоокеанская геология. – 2014. – Т. 33, № 4. – С. 50–62.

6. Горячев Н.А. Жильный кварц золоторудных месторождений Яно-Колымского пояса. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1992. – 135 с.

7. Кузнецов В.М., Горячев Н.А., Жигалов С.В., Савва Н.Е. Структура и рудоносность Маякит-Хурчанского рудно-россыпного узла // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2011. – № 4. – С. 37–51.

8. Бортников Н.С., Гамянин Г.Н., Викентьева О.В. и др. Золото-сурьмяные месторождения Сарылах и Сентачан (Якутия): флюидный режим, стабильные изотопы (O, C, S) и условия формирования // Геология рудных месторождений. – 2010. – Т. 52, № 5. – С. 381–417.

9. Гамянин Г.Н., Жданов Ю.Я., Некрасов И.Я., Лескова Н.В. «Горчичное» золото из золото-сурьмяных руд Восточной Якутии // Новые данные о минералах. – 1987. – № 34. – С. 13–20.

10. Мельников Ф.П., Прокофьев В.Ю., Шатагин Н.Н. Термобарогеохимия. – М.: Академический Проспект, 2008. – 222 с.

11. Борисенко А.С. Изучение солевого состава газозо-жидких включений в минералах методом криометрии // Геология и геофизика. – 1977. – №8. – С. 16–27.

12. Реддер Э. Флюидные включения в минералах. – М.: Мир, 1978. – Т. 1. – 360 с.; Т. 2. – 632 с.

Поступила в редакцию 22.11.2014

УДК 553.411, 551.24

## О геологической истории и генезисе образования золото-урановых месторождений Эльконского рудного поля

Е.Е. Лоскутов, В.И. Жижин

*Предложена гипотеза генезиса золото-урановых месторождений Эльконского рудного узла на основании изучения реликтов древнего зеленокаменного пояса среди метаморфических толщ – медведевского ультрабазит-базитового и каменковского гранитоидного комплексов в ассоциации с мезозойским щелочным магматизмом. Основой для статьи являются материалы геолого-геохимических наблюдений, включающие изучение редкоземельного состава и распределения спектров редкоземельных элементов их концентрации в амфиболитах, урана и золота во вмещающих породах. Проведен анализ и сопоставление этапов мезозойского магматизма и последовательности минералообразования в метасоматических рудоносных жилах.*

Ключевые слова: геохимия, генезис, Эльконский рудный узел, амфиболиты, редкие и редкоземельные элементы, медведевский плутонический комплекс.

*The hypothesis of the genesis of gold-uranium deposits of the Elkon ore unit, based on the study of ancient greenstone belt relics among metamorphic sequences – Medvedev's ultrabasic-basic and kamenkovsky granitoid complexes in association with Mesozoic alkaline magmatism. The materials of geological and geochemical observations, including the study of trace element composition and distribution of the spectra of rare earth elements, their concentration in the amphibolites, uranium and gold in the host rocks. The analysis and comparison of the stages of the Mesozoic magmatism and mineralization in the sequence of metasomatic ore-bearing veins are carried out.*

Key words: geochemistry, genesis, Elkon ore unit, amphibolite, rare and rare-earth elements, Medvedev's plutonic complex.

---

ЛОСКУТОВ Евгений Евгеньевич – ст. преподаватель Северо-Восточного федерального университета, brannerit@mail.ru; ЖИЖИН Владимир Иванович – д.г.-м.н., проф., зав. лаб. Института мерзлотоведения СО РАН, viz956@rambler.ru.

Востока России // Геология рудных месторождений. – 2005. – Т. 47, №3. – С. 211–229.

3. Фридовский В.Ю., Гамянин Г.Н., Полуфунтикова Л.И. Дора-Пильское рудное поле: строение, минералогия и геохимия среды рудообразования // Руды и металлы. – 2012. – № 5. – С. 7–21.

4. Фридовский В.Ю., Гамянин Г.Н., Полуфунтикова Л.И. Золото-кварцевое месторождение Сана, Тарынский рудный узел // Разведка и охрана недр. – 2013. – № 12. – С. 3–7.

5. Фридовский В.Ю., Гамянин Г.Н., Полуфунтикова Л.И. Золото-кварцевая и сурьмяная минерализация месторождения Малтан (Северо-Восток России) // Тихоокеанская геология. – 2014. – Т. 33, № 4. – С. 50–62.

6. Горячев Н.А. Жильный кварц золоторудных месторождений Яно-Колымского пояса. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1992. – 135 с.

7. Кузнецов В.М., Горячев Н.А., Жигалов С.В., Савва Н.Е. Структура и рудоносность Маякит-Хурчанского рудно-россыпного узла // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2011. – № 4. – С. 37–51.

8. Бортников Н.С., Гамянин Г.Н., Викентьева О.В. и др. Золото-сурьмяные месторождения Сарылах и Сентачан (Якутия): флюидный режим, стабильные изотопы (O, C, S) и условия формирования // Геология рудных месторождений. – 2010. – Т. 52, № 5. – С. 381–417.

9. Гамянин Г.Н., Жданов Ю.Я., Некрасов И.Я., Лескова Н.В. «Горчичное» золото из золото-сурьмяных руд Восточной Якутии // Новые данные о минералах. – 1987. – № 34. – С. 13–20.

10. Мельников Ф.П., Прокофьев В.Ю., Шатагин Н.Н. Термобарогеохимия. – М.: Академический Проспект, 2008. – 222 с.

11. Борисенко А.С. Изучение солевого состава газозо-жидких включений в минералах методом криометрии // Геология и геофизика. – 1977. – №8. – С. 16–27.

12. Реддер Э. Флюидные включения в минералах. – М.: Мир, 1978. – Т. 1. – 360 с.; Т. 2. – 632 с.

Поступила в редакцию 22.11.2014

УДК 553.411, 551.24

## О геологической истории и генезисе образования золото-урановых месторождений Эльконского рудного поля

Е.Е. Лоскутов, В.И. Жижин

*Предложена гипотеза генезиса золото-урановых месторождений Эльконского рудного узла на основании изучения реликтов древнего зеленокаменного пояса среди метаморфических толщ – медведевского ультрабазит-базитового и каменковского гранитоидного комплексов в ассоциации с мезозойским щелочным магматизмом. Основой для статьи являются материалы геолого-геохимических наблюдений, включающие изучение редкоземельного состава и распределения спектров редкоземельных элементов их концентрации в амфиболитах, урана и золота во вмещающих породах. Проведен анализ и сопоставление этапов мезозойского магматизма и последовательности минералообразования в метасоматических рудоносных жилах.*

Ключевые слова: геохимия, генезис, Эльконский рудный узел, амфиболиты, редкие и редкоземельные элементы, медведевский плутонический комплекс.

*The hypothesis of the genesis of gold-uranium deposits of the Elkon ore unit, based on the study of ancient greenstone belt relics among metamorphic sequences – Medvedev's ultrabasic-basic and kamenkovsky granitoid complexes in association with Mesozoic alkaline magmatism. The materials of geological and geochemical observations, including the study of trace element composition and distribution of the spectra of rare earth elements, their concentration in the amphibolites, uranium and gold in the host rocks. The analysis and comparison of the stages of the Mesozoic magmatism and mineralization in the sequence of metasomatic ore-bearing veins are carried out.*

Key words: geochemistry, genesis, Elkon ore unit, amphibolite, rare and rare-earth elements, Medvedev's plutonic complex.

---

ЛОСКУТОВ Евгений Евгеньевич – ст. преподаватель Северо-Восточного федерального университета, brannerit@mail.ru; ЖИЖИН Владимир Иванович – д.г.-м.н., проф., зав. лаб. Института мерзлотоведения СО РАН, viz956@rambler.ru.

Месторождения Эльконского рудного узла (ЭРУ) расположены в северной части Алданского щита – наиболее крупного выступа древнего складчатого фундамента Сибирского кратона. Руды ЭРУ парагенетически связаны с Центрально-Алданским центром мезозойской тектоно-магматической активизации (ТМА). По форме и составу тел мезозойские магматические образования представлены в виде многочисленных даек, а также малых секущих, послонных и лакколитообразных интрузий порфировых щелочных пород, вскрытых в западной части Эльконского горста. Они принадлежат к группе гипабиссальных массивов, в которых вскрыты преимущественно порфировые щелочные породы калиевого ряда. По минералогическому составу эти породы соответствуют лейцит-щелочно-сиенитовой магматической формации [1].

В докембрийских провинциях мира месторождения золота связаны с ультрабазит-базитовыми комплексами зеленокаменных поясов, образование которых сопровождалось неоднократными метаморфическими и метасоматическими преобразованиями вмещающих массивов пород.

О том, что в пределах ЭРУ сохранились фрагменты зеленокаменных поясов, свидетельствуют такие факты, что в разрезах, наряду с присутствием линзовидных тел амфиболитов, распространены гиперстеновые высокожелезистые граниты (чарнокиты), прослой железистых кварцитов и насыщенные магнетитом кристаллические сланцы. В составе метаморфических толщ федоровской серии имеются реликты зеленокаменных поясов, представленные субсогласно залегающими линзовидными телами медведевского плутонического комплекса.

С породами медведевского комплекса, за пределами Эльконского рудного узла, в юго-западной части Алдано-Тимптонского геоблока связано среднее по запасам месторождение золота им. П. Пинигина. Промышленная золотоносность в нем обусловлена метаморфизованными базитами и ультрабазитами. Во многих других кратонах мира гидротермальные месторождения золота и урана расположены в зонах разломов и вблизи с базит-гипербазитовыми комплексами с повышенным кларком золота [2].

Породы медведевского комплекса относятся к ортопородам и с учетом химического состава они классифицированы как магматические горные породы [3].

Результаты химического анализа пород медведевского плутонического комплекса из Эль-

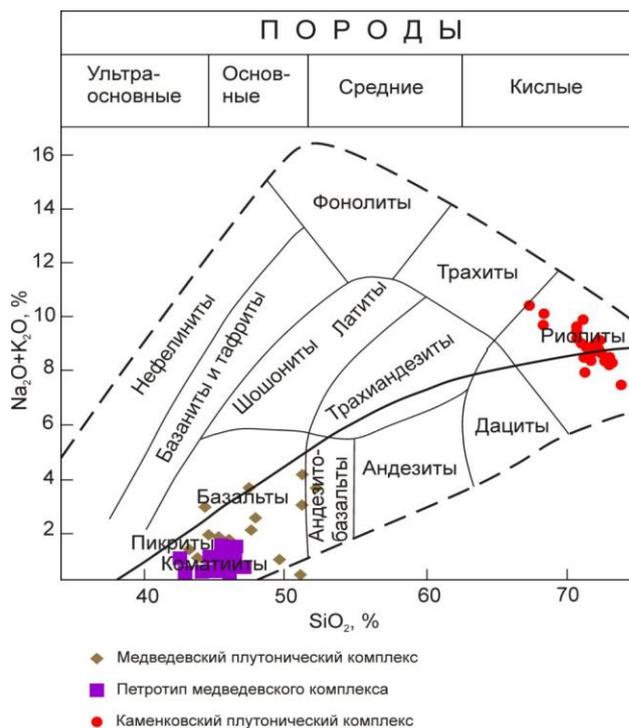


Рис. 1. Положение точек составов пород медведевского и каменковского комплексов на диаграмме  $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$  по [4]

конского горста нанесены на общую классификационную диаграмму для магматических горных пород. На диаграмме видно, что представленные породы медведевского комплекса по своему химическому составу относятся к породам коматиитового состава (рис. 1).

Образцы для химического исследования пород медведевского комплекса отбирались при изучении контрольно-стволовых и разведочных скважин. Было отобрано и проанализировано на силикатный состав и на определение микроэлементов методом атомно-эмиссионной спектроскопией 50 образцов.

По минеральному составу все отобранные породы медведевского комплекса были разделены на амфиболиты и эпидотизированные амфиболиты. Последние отобраны непосредственно вблизи околорудных интервалов. Результаты определения содержания редкоземельных элементов (РЗЭ) представлены в табл. 1–3 и на рис. 2.

График распределения РЗЭ в амфиболитах имеет плавный отрицательный наклон и в общем отвечает уровню океанических базальтов обогащенного типа (мантийный источник). Для амфиболитов обеих групп характерны повышенные значения легких (цериевая группа) и промежуточных (тербиевая группа) элементов, но не превышающие 10-кратных хондритовых норм. Отчетливо прослеживается характерное для пород E-MORB поведение Pr.

Таблица 1

Содержание редкоземельных элементов (г/т) в амфиболитах медведевого комплекса ЭРУ

№ проб	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Dy	Ho	Er	Yb	Lu
3–93,5 (B)	19,98	29,37	16,98	20,37	3,23	1,49	4,04	3,10	0,82	1,21	3,60	0,35
3–338	75,88	124,00	20,30	55,13	6,19	2,06	3,24	5,26	1,14	1,08	4,93	0,38
2070–323	20,57	31,24	17,55	19,42	3,00	1,53	4,03	2,88	0,68	1,08	3,96	0,36
2215–30	53,31	115,40	20,36	74,02	11,38	2,63	5,77	6,17	1,32	1,79	5,37	0,36

Таблица 2

Содержание редкоземельных элементов (г/т) в околорудных эпидотизированных амфиболитах

№ проб	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Dy	Ho	Er	Yb	Lu
2011–809,5	77,32	97,09	31,02	48,26	3,456	3,305	5,018	2,87	0,548	1,02	3,39	0,331
2077–353	17,42	32,7	27,85	21,18	0,63	2,288	3,136	3,325	0,966	0,923	6,543	0,714
2077–354,6	23,56	49	36,73	27,35	-	1,746	3,637	4,035	0,794	0,723	4,971	0,586
2077–670	52,32	87,81	14,7	55,38	9,853	2,179	5,119	5,552	0,859	1,55	3,76	0,22

Таблица 3

Содержание редкоземельных элементов (г/т) в метабазах медведевого комплекса в петротипичной местности [4]

№ проб	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Gd	Ho	Er	Yb	Lu
4/03	17,3	44,9	23,8	5,67	1,82	5,38	1,02	2,77	2,95	0,4
5/03	36,1	88,1	34,3	6,64	1,91	5,6	0,98	2,63	2,57	0,35
1729	7,5	22,6	13,3	3,53	1,15	3,01	0,45	1,19	1,01	0,12
3716	7,66	19,9	13,4	3,95	0,95	4,36	0,8	2,19	1,91	0,25
3719/1	10,7	23,1	15,5	4,62	1,06	4,89	0,96	2,84	2,44	0,33
3719/2	9,66	22	14,6	4,1	0,9	4,26	0,74	2,04	1,85	0,29
3963	11,4	24,42	18,1	5,15	1,25	5,46	1,08	2,88	2,87	0,37
3964	10,8	24,2	17	4,18	1,12	4,67	0,77	2,04	1,82	0,27
3964/2	18	35,4	28,8	6,95	1,83	7,71	1,24	3,32	2,96	0,5

На графике преобладает наличие положительных аномалий Eu или без аномалии (рис. 2, б). По всем породам наблюдается отрицательный наклон спектров распределения РЗЭ, что обусловлено значительным обеднением тяжелыми РЗЭ относительно пород E-MORB из-за наложения процессов гранитизации в раннем протерозое, а также продолжительностью метасоматоза в мезозойский этап ТМА [5].

Таким образом, по геолого-структурному положению, петрохимическим (рис. 1) и геохимическим параметрам (рис. 2, а, б) амфиболиты сопоставимы с породами медведевого комплекса [4] и являются их аналогами в пределах ЭРУ.

Согласно современным исследованиям и публикациям предыдущих лет, основное количество урана в интрузивных породах мезозойского этапа ТМА находится в рассеянной форме [6, 7]. Тысячные доли процента содержания урана установлены в акцессориях: магнетите, гранате, апатите и сфене. Наибольшей радиоактивностью в породах алданского комплекса обладают микроскопические акцессорные выделения торита, ураноторита, содержащих уран от сотых долей до первых процентов, и лопарита в эгирин-полевошпатовых жилах (сотые доли процента урана) [6].

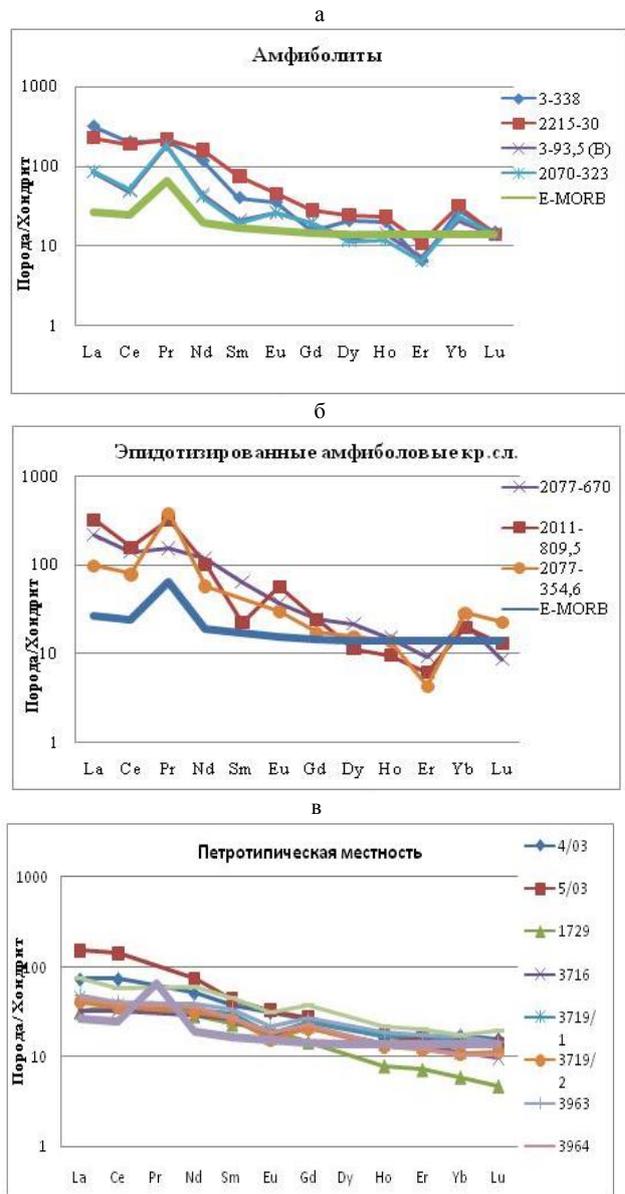


Рис. 2. Распределение редкоземельных элементов в амфиболитах медведевого комплекса ЭРУ, нормализованных на хондрит по Sun S.S., McDonough W.F. (1989). (923x579)

Низкое содержание урана в интрузивных и эффузивных породах мезозойского возраста, а также пространственная отдаленность метасоматических зон минерализации от центра проявления магматизма дают основание предполагать, что главным источником урана в метасоматических жилах ЭРУ служили вмещающие метаморфические массивы пород.

Для метаморфических образований Центрального Алдана характерны в целом незначительные содержания радиоактивных элементов [6]. По этому признаку они хорошо сопоставимы со средними их значениями для близких по составу пород метаморфических толщ других регионов Алданского щита.

Наиболее высокие концентрации урана и тория определены в различных типах гранитоидов, наименьшие отмечаются в слабо гранитизированных разностях гнейсов и кристаллических сланцев. Среди всех гранитоидных комплексов ЭРУ аномально высокие концентрации урана содержатся в аляскитовых гранитах каменковского плутонического комплекса (в среднем 5,2 г/т). Вследствие широко проявленных процессов гранитизации все метаморфические породы района имеют высокое содержание легкорастворимого (подвижного) урана до 40%. Обычно это 1,2–2,2 г/т.

Результаты силикатных химических анализов пород каменковского комплекса нанесены на общую классификационную диаграмму для магматических горных пород (рис.1). На этой диаграмме видно, что фигуративные точки, представляющие граниты комплекса по совокупности химического состава, относятся к кислым породам.

Гранитные комплексы, расположенные в пределах ЭРУ, по генезису являются палингенными. Метаморфические породы, подверженные палингенезу, сопровождалась активной мобилизацией рассеянного U и переводом его в подвижную (химически активную) форму. По результатам исследований предшественников широко проявленные процессы протерозойской гранитизации и прогрессивного метаморфизма содействовали перераспределению рассеянного (около 40%) U в подвижную форму.

На основании анализа имеющейся фактической информации, полученной как автором работы, так и по фондовым и опубликованным сведениям, сделан вывод о том, что процессы раннепротерозойской ТМА сопровождалась повышением концентрации урана в продуктах процессов гранитизации по сравнению с более ранними породами архейского стратифицированного комплекса. При этом по данным А.В.

Терехова [2], наиболее обогащенными ураном являются самые поздние лейкократовые аляскитовые породы, образованные в процессе гранитизации каменковского комплекса (до 5,2 г/т).

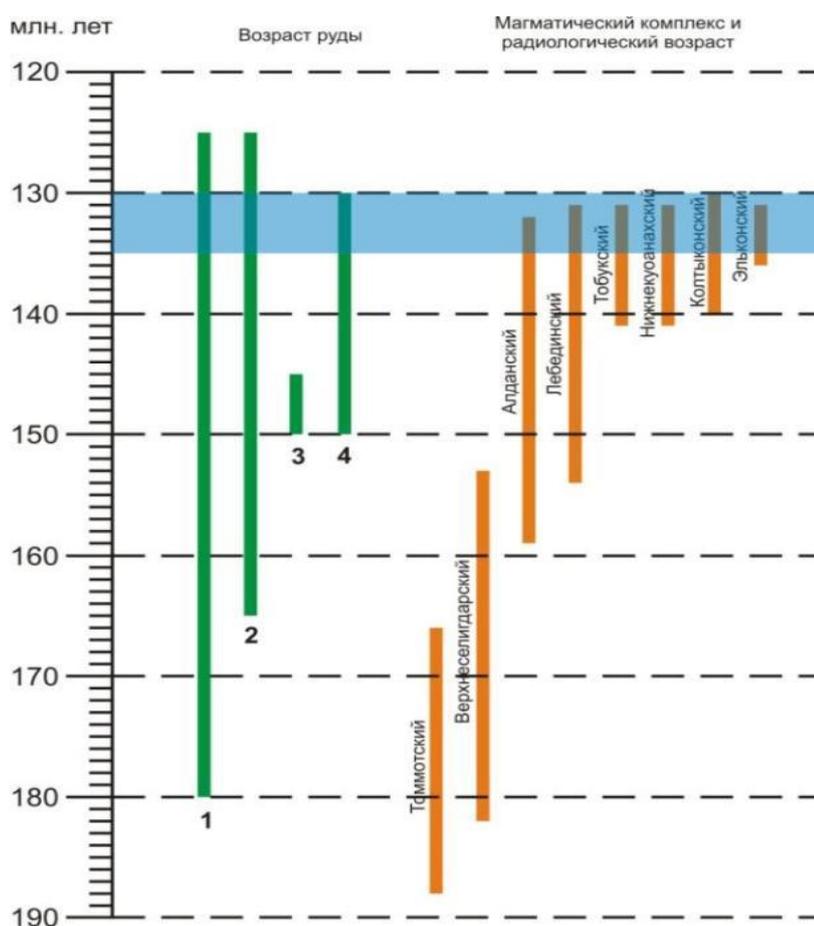
Таким образом, в связи с процессами неоднократной метаморфической, магматической (флюидной и гидротермальной) активизации, происходившими в докембрийское время, отмечается увеличение концентрации урана в продуктах гранитизации. Наибольшее количество радиоактивных минералов содержится в самых поздних лейкократовых гранитоидах – аляскинтах.

Анализ изложенного материала геохимической характеристики гранитных комплексов, участвующих в строении ЭРУ, позволил авторам сделать вывод, что первичным поставщиком урановых компонентов в золото-урановые руды служили раннепротерозойские граниты, выделенные в каменковский плутонический комплекс. В этих гранитах и в настоящее время содержатся наиболее высокие концентрации урана, которые в разы больше, чем в других вмещающих гидротермально-метасоматитовые жилы породах. Концентрации легкоподвижного урана в лейкократовых гранитах имеют повышенную радиоактивность по гамма-полю.

Для образования в рудоносных телах титаната урана – браннерита необходим титан, который, по нашим представлениям, извлекался в процессе метасоматоза параллельно с золотом из пород ультрабазит-базитового ряда (медведевский плутонический комплекс) и перераспределялся, взаимодействуя с ураном (из каменковских гранитоидов) в гидротермально-метасоматических жильных зонах.

Согласуются с выводами о времени продуктивного метасоматоза данные абсолютных радиологических датировок возраста руд Эльконских месторождений. По разным авторам период формирования руд варьирует от 180 до 125 млн. лет, что совпадает со временем проявления мезозойских фаз ТМА (поздняя юра – ранний мел) [1].

Анализ сопоставления (рис. 3) радиологических определений периода внедрения щелочных мезозойских магматических фаз и образование минералов в рудных зонах свидетельствуют о том, что практически все обозначенные выше магматические стадии мезозойской ТМА были продуктивными и продуцировали образование метасоматических золото-урановых руд. В рудных зонах гидротермально-метасоматического генезиса прослеживается очень сложная минеральная зональность и стадийность (до 11 стадий минералообразования), что даже больше, чем выделено этапов тектоно-магматической активизации в мезозое. Это также согласуется с дли-



**Рис. 3.** Сопоставление данных радиологического возраста руд ЭРУ и мезозойских магматических щелочных комплексов. Цифрами показаны возрасты руды по данным: 1 – Горошко М.В.; 2 – Тугаринов А.И.; 3 – Утробин Д.В. и Воробьев К.А.; 4 – Пилипенко Г.Н. Синим полем показан возраст браннерита по данным Мигута А.К.

тельностью процессов образования гидротермально-метасоматических жил и сопряженных с ними руд ЭРУ. При этом наблюдаются влияние каждого этапа в отдельности на содержание рудных концентраций и общая минеральная зональность рудоносных зон. Возраст браннерита по Pb методом составляет 135–130 млн. лет [8], что совпадает по времени с периодом самой активной стадии мезозойской ТМА на ее завершении.

По данным некоторых авторов [3], возраст руды ограничен датировками в 145–150 млн. лет, по нашему мнению, данный возраст был установлен для одной из отдельных рудных зон и не характеризует времени образования рудных тел всего рудного узла.

Таким образом, практически безусловное совпадение магматической деятельности в мезозое с возрастом начала формирования оруденения не противоречит выводу о генетической связи образования эльконита (золотосодержа-

щего пирита) и браннерита (титаната урана) с влиянием флюидов и гидротерм, обусловленных мезозойским щелочным магматизмом.

Отсутствие в самих щелочных магматических породах концентраций рудных элементов (золота, урана, титана) подтверждает, что их поступление в рудные зоны обусловлено переносом из иных источников. По мнению авторов, повышенные концентрации урана поступали из лейкократовых гранитов каменковского комплекса раннепротерозойского возраста, а золото, титан и железо – из ультрабазит-базитовых тел, ныне выделенных в медведевский (кумкыстахский) комплекс позднеархейского возраста [9].

Определенные комплексы пород, слагающих территорию ЭРУ, еще до мезозойской магматической активизации, содержали повышенные концентрации урана, титана, железа и золота. Флюидные и гидротермальные растворы химически активно взаимодействовали с ранее существовавшими вмещающими породами, извлекали из них рудные компоненты золота, урана и титана, перемещая и отлагая их уже в новых минеральных видах по зонам геохимической разгрузки (последние обусловлены каналами транспортировки и условиями температуры и давления).

По генезису месторождения ЭРУ являются регенерационными. Наличие совокупности архейских ультрабазит-базитовых, раннепротерозойских кислых (аляскитовых) вмещающих образований и внедрение в них мезозойских щелочных магматических тел, а также каналов их транспортировки (зон трещиноватости в периодически обновляемых разломах) является поисковым критерием. Этот вывод имеет практическое значение для оценки и обнаружения новых перспективных площадей с подобными золото-урановыми рудами эльконского типа.

#### Литература

1. Бойцов В.Е., Пилипенко Г.Н., Солодов Н.А. Месторождения благородных, радиоактивных и редких металлов. – М.: НИИ-ПРИРОДА, 1999. – 219 с.
2. Терехов А.В. Рудоносность гидротермально-метасоматических образований Эльконского золото-урановорудного узла (Южная Якутия). – СПб.: ФГУП «ВСЕГЕИ», 2012.

3. *Мякишев А.И., Кислый А.И.* Отчет Эльконской партии о результатах геологического доизучения масштаба 1:50 000, проведенного в 1994–1999 гг. на территории Эльконского горста. Листы О–51–48-Г, О–52–37-В, О–51–60-А,Б, О–52–49-Г.» ГПИ «Алдангеология», 1999.

4. *Кравченко А.А., Смелов А.П., Березкин В.И., Попов Н.В.* Геология и генезис докембрийских золотоносных метабазитов центральной части Алдано-Станового щита (на примере месторождения им. П. Пинигина). – Якутск: ИГАБМ СО РАН, 2010.

5. *Балашов Ю.А.* Геохимия редкоземельных элементов. – М.: Наука, 1976.

6. *Горошко М.В., Малышев Ю.Ф., Кириллов В.Е.* Металлогения урана Дальнего Востока России. – М.: Наука, 2006.

7. *Титов В.К., Давыдова Л.И.* О распределении урана в минералах щелочных пород алданского вулканогенно-интрузивного комплекса // *Материалы о содержании и распределении радиоактивных элементов в горных породах.* – Л., 1972. – С.87–97.

8. *Микута А.К.* Урановые месторождения Эльконского рудного района на Алданском щите // *Геология рудных месторождений.* – 2001. – № 2. – С. 73–79.

9. *Жижин В.И., Бирюлькин Г.В., Никитин В.М.* Докембрийские ультрабазит-базитовые формации Алданского щита. – М.: Недра, 2000. – 96 с.

Поступила в редакцию 25.11.2014

УДК 622.45: 536.244

## Прогноз теплового режима проектируемой россыпной шахты «Солур»

А.С. Курилко, Ю.А. Хохолов, Д.Е. Соловьев, М.В. Тишков

*Круглогодичная подземная разработка россыпных месторождений в районах распространения многолетнемерзлых пород имеет ряд специфических особенностей, связанных, прежде всего, с необходимостью обеспечения устойчивости горных выработок в теплое время года и нормализации параметров шахтной атмосферы в зимний период. Для условий проектируемой россыпной шахты «Солур» были проведены прогнозные расчеты (методом математического моделирования) температурного режима в воздухоподающих и очистных выработках, а также вмещающем их массиве горных пород. Определены оптимальные сроки консервации шахты на летний период. Показана роль тепловыделений от самоходного горного оборудования на формирование температурного режима в очистных выработках и окружающем массиве горных пород.*

Ключевые слова: криолитозона, россыпная шахта, многолетнемерзлые породы, температурный режим.

*Perennial underground mining of placer deposits in the regions of permafrost distribution has a number of specific features, which primarily are related to necessity of providing workings stability in the warm season and mine atmosphere parameters normalization in winter. Prognosis estimation of air delivery permanent workings and stopes temperature condition, as well as rock mass holding it, were held (by means of mathematic modeling method) for projected placer mine "Solur" conditions. Optimal terms for mine conservation in summer are determined. Self-propelling mining equipment heat release value for forming temperature in working stopes and surrounding rock mass is shown.*

Key words: cryolithic zone, placer mine, permafrost rocks, temperature regime.

### Введение

Как известно, состояние и уровень социально-экономического развития РФ (в том числе в

---

КУРИЛКО Александр Сардокович – д.т.н., зав. лаб. Института горного дела Севера СО РАН, a.s.kurilko@igds.ysn.ru; ХОХОЛОВ Юрий Аркадьевич – д.т.н., в.н.с. Института горного дела Севера СО РАН, khokholov@igds.ysn.ru; СОЛОВЬЕВ Дмитрий Егорович – к.т.н., с.н.с. Института горного дела Севера СО РАН, solovjevde@igds.ysn.ru; ТИШКОВ Максим Вячеславович – к.т.н., зав. лаб. института «Якутнипроалмаз», TishkovMV@alrosa.ru.

Республике Саха (Якутия)) во многом определяются масштабами и эффективностью освоения ее природных и, прежде всего, минеральных ресурсов, включая золото- и алмазосодержащие месторождения, находящиеся в северных регионах страны.

В настоящее время определенный интерес АК «АЛРОСА» проявляет к освоению глубоко погребенных россыпных месторождений, разработку которых предполагается вести подземным способом, в частности, Солур–Восточная, которое наряду с значительными запасами характеризуется рядом специфических особенностей, во многом осложняющих его подземную отработку.

3. *Мякишев А.И., Кислый А.И.* Отчет Эльконской партии о результатах геологического доизучения масштаба 1:50 000, проведенного в 1994–1999 гг. на территории Эльконского горста. Листы О–51–48-Г, О–52–37-В, О–51–60-А,Б, О–52–49-Г.» ГПИ «Алдангеология», 1999.

4. *Кравченко А.А., Смелов А.П., Березкин В.И., Попов Н.В.* Геология и генезис докембрийских золотоносных метабазитов центральной части Алдано-Станового щита (на примере месторождения им. П. Пинигина). – Якутск: ИГАБМ СО РАН, 2010.

5. *Балашов Ю.А.* Геохимия редкоземельных элементов. – М.: Наука, 1976.

6. *Горошко М.В., Малышев Ю.Ф., Кириллов В.Е.* Металлогения урана Дальнего Востока России. – М.: Наука, 2006.

7. *Титов В.К., Давыдова Л.И.* О распределении урана в минералах щелочных пород алданского вулканогенно-интрузивного комплекса // *Материалы о содержании и распределении радиоактивных элементов в горных породах.* – Л., 1972. – С.87–97.

8. *Микута А.К.* Урановые месторождения Эльконского рудного района на Алданском щите // *Геология рудных месторождений.* – 2001. – № 2. – С. 73–79.

9. *Жижин В.И., Бирюлькин Г.В., Никитин В.М.* Докембрийские ультрабазит-базитовые формации Алданского щита. – М.: Недра, 2000. – 96 с.

Поступила в редакцию 25.11.2014

УДК 622.45: 536.244

## Прогноз теплового режима проектируемой россыпной шахты «Солур»

А.С. Курилко, Ю.А. Хохолов, Д.Е. Соловьев, М.В. Тишков

*Круглогодичная подземная разработка россыпных месторождений в районах распространения многолетнемерзлых пород имеет ряд специфических особенностей, связанных, прежде всего, с необходимостью обеспечения устойчивости горных выработок в теплое время года и нормализации параметров шахтной атмосферы в зимний период. Для условий проектируемой россыпной шахты «Солур» были проведены прогнозные расчеты (методом математического моделирования) температурного режима в воздухоподающих и очистных выработках, а также вмещающем их массиве горных пород. Определены оптимальные сроки консервации шахты на летний период. Показана роль тепловыделений от самоходного горного оборудования на формирование температурного режима в очистных выработках и окружающем массиве горных пород.*

Ключевые слова: криолитозона, россыпная шахта, многолетнемерзлые породы, температурный режим.

*Perennial underground mining of placer deposits in the regions of permafrost distribution has a number of specific features, which primarily are related to necessity of providing workings stability in the warm season and mine atmosphere parameters normalization in winter. Prognosis estimation of air delivery permanent workings and stopes temperature condition, as well as rock mass holding it, were held (by means of mathematic modeling method) for projected placer mine "Solur" conditions. Optimal terms for mine conservation in summer are determined. Self-propelling mining equipment heat release value for forming temperature in working stopes and surrounding rock mass is shown.*

Key words: cryolithic zone, placer mine, permafrost rocks, temperature regime.

### Введение

Как известно, состояние и уровень социально-экономического развития РФ (в том числе в

---

КУРИЛКО Александр Сардокович – д.т.н., зав. лаб. Института горного дела Севера СО РАН, a.s.kurilko@igds.ysn.ru; ХОХОЛОВ Юрий Аркадьевич – д.т.н., в.н.с. Института горного дела Севера СО РАН, khokholov@igds.ysn.ru; СОЛОВЬЕВ Дмитрий Егорович – к.т.н., с.н.с. Института горного дела Севера СО РАН, solovjevde@igds.ysn.ru; ТИШКОВ Максим Вячеславович – к.т.н., зав. лаб. института «Якутнипроалмаз», TishkovMV@alrosa.ru.

Республике Саха (Якутия)) во многом определяются масштабами и эффективностью освоения ее природных и, прежде всего, минеральных ресурсов, включая золото- и алмазосодержащие месторождения, находящиеся в северных регионах страны.

В настоящее время определенный интерес АК «АЛРОСА» проявляет к освоению глубоко погребенных россыпных месторождений, разработку которых предполагается вести подземным способом, в частности, Солур–Восточная, которое наряду с значительными запасами характеризуется рядом специфических особенностей, во многом осложняющих его подземную отработку.

К ним могут быть отнесены: значительная глубина залегания; крайняя невыдержанность по мощности торфов и продуктивного пласта; наличие «вялой» мерзлоты, значительного количества ледяных шпиров; крупнообломочного галечного материала в продуктивном пласте; неровности плотика; недостаточная изученность физико-механических и теплофизических свойств рыхлых отложений. К факторам, затрудняющим отработку, может быть отнесено так же отсутствие аналога и достаточного опыта освоения и разработки таких месторождений.

Все вышеперечисленные факторы в значительной степени тормозят освоение этого месторождения, рентабельная отработка которого связана с необходимостью строительства крупных, высокомеханизированных, рассчитанных на длительный срок эксплуатации россыпных шахт (РШ) и требует разработки специальных требований, руководств, регламентов технологии отработки, управления горным давлением, а так же регулирования теплового и вентиляционного режимов.

Месторождение алмазов Солур–Восточная представляет собой древнюю глубокопогребённую россыпь, состоящую из двух пространственно сближенных, но несколько разобшённых залежей – среднекарбовой «Восточная» и среднеюрской «Солур», которые характеризуются сложным геологическим строением и составом пород торфов, продуктивного пласта и плотика. Наличие «вялой» мерзлоты (температура пород на глубине 20 м  $-1,0^{\circ}\text{C}$ ) и большого количества линз льда в дисперсных породах предопределяет их высокую склонность к разупрочнению при повышении температуры. Влажность (льдиность) поверхностного слоя пород – 12–42%, с углублением к плотику снижается до 2–6% (наличие шпиров льда). Мощность мерзлоты (сплошной) – 330 м.

Основные горно-технические параметры подземной разработки алмазосодержащей россыпи «Солур»:

- длина россыпи – 1900 м;
- ширина россыпи – 780–925 м;
- средняя мощность торфов – 22 м, максимальная – до 50 м;
- мощность продуктивного пласта – от 0,3 м до 5,8 м, средняя – 2,8 м;
- гранулометрический состав рыхлых отложений: глинисто-алевролитовая фракция – 35–80%; песчаная – 10–60%; галечник – 10–20%;
- породы плотика – сильнотрещиноватые доломиты, песчаники, алевролиты, мергель.

Анализ вышеприведенных горно-техниче-

ских условий позволяет предполагать, основываясь на данных литературных источников и опыта работы РШ Заполярья [1–3], что разработка месторождения может быть осложнена не только наличием «вялой» мерзлоты, но и ледяных шпиров, что нарушает сплошность кровли и в значительной степени отрицательно влияет на ее устойчивость при проходке горных выработок, в особенности в летний период, как это имело место при разработке россыпных месторождений Кулара РС(Я).

Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институтом проблем комплексного освоения недр РАН в 2013 г. был разработан технологический регламент подземной разработки алмазосодержащей залежи «Солур» в соответствии с которым предложена столбовая система разработки с обрушением пород кровли без оставления целиков с применением на проходческих и очистных работах комплексов дизельного самоходного горного оборудования (СГО) [3].

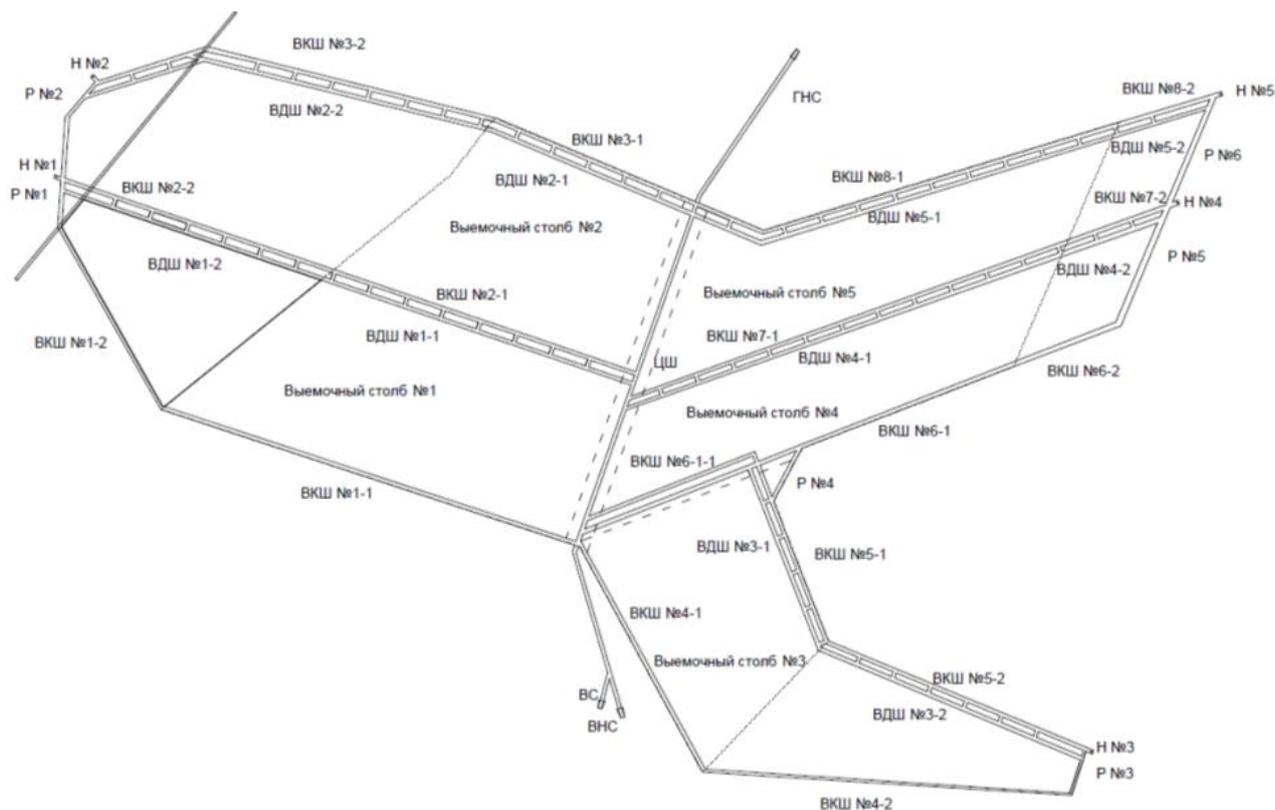
Вскрытие месторождения предполагается осуществлять по центральной схеме двумя центрально расположенными наклонными стволами ГНС и ВНС, которые находятся вне зон сдвижения горных пород с двух сторон россыпи вкрест простирания (рис. 1). Стволы сбиваются между собой центральным штреком, подготовка производится по пласту с пограничными продольными штреками. Залежь разбивается на 5 выемочных столбов длиной 620–950 м по простиранию и шириной 170–250 м вкрест простирания.

Подготовка каждого столба заключается в проведении с помощью буровзрывных работ с одной стороны вентиляционно-конвейерного штрека, а с другой – вентиляционно-доставочного и вентиляционно-конвейерного штреков, разделённых целиком, в котором через каждые 50 м проходятся сбойки сечением, равным сечению штреков.

По противоположному от ЦШ контуру россыпи штреки сбиваются рассечкой, из которой и начинаются очистные работы. Выдача песков на поверхность осуществляется посредством ленточных конвейеров.

Данная схема позволяет вести отбойку песков секциями с двух сторон столба и, соответственно, использовать одновременно две погрузочно-доставочные машины (ПДМ).

Использование СГО с дизельным приводом позволяет увеличить производительность труда и снизить себестоимость добычи песков, но в то же время резко увеличивается загрязненность шахтного воздуха выхлопными газами. В данном случае требуется усиленная вентиляция РШ, функционирующая в постоянном усиленном режиме



**Рис. 1.** Схема вскрытия и подготовки шахтного поля россыпи «Солур»: ВКШ – вентиляционно-конвейерный штрек; ВДШ – вентиляционно-доставочный штрек; Н – ниша под вентиляционную скважину; ЦШ – центральный штрек; ГНС – главный наклонный ствол; ВНС – вспомогательный наклонный ствол

вне зависимости от времени суток и года. В соответствии с регламентом [3] число ПДМ ST7, работающих одновременно в проходческих и очистных забоях, будет составлять соответственно 3 и 2 машины. Общее требуемое количество воздуха для проветривания шахты «Солур» при ведении добычных работ составит  $90,17 \text{ м}^3/\text{с}$ . При проходке горных выработок необходимое количество воздуха составит  $16,32 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Как уже отмечалось ранее, россыпное месторождение алмазов Солур находится в зоне распространения многолетнемерзлых горных пород и как для большинства россыпных шахт Севера факторами, определяющими тепловой режим, являются сезонные изменения температуры и влажности атмосферного воздуха, естественная температура пород, скорость и дебит воздушного потока, длина вентиляционного пути [4]. В конечном счете температурный режим является определяющим в плане обеспечения безопасных и комфортных условий труда горнорабочих.

Учитывая исключительную важность этого вопроса для условий проектируемой РШ «Солур» были проведены прогнозные расчеты (методом математического моделирования) фор-

мируемого температурного режима в воздухоподающих и очистных выработках, а также вмещающем их массиве горных пород.

Проветривание РШ «Солур» предусмотрено нагнетательным способом по прямоточной комбинированной схеме: в качестве воздухоподающего ствола используется ВНС, через который осуществляется подача свежего воздуха в шахту в объеме  $90,2 \text{ м}^3/\text{с}$ , а в качестве воздухоотводящих – ГНС и фланговая вентиляционная скважина [3]. Ниже приведены результаты расчетов температурного режима для ВНС с учетом круглогодичной и сезонной эксплуатации шахты.

Исходные данные для расчетов следующие: длина ВНС 240 м, сечение в свету  $12,83 \text{ м}^2$ , естественная температура вмещающего массива горных пород  $-1 \text{ }^\circ\text{C}$ , влажность пород 10%. Температура атмосферного воздуха принималась по результатам стационарных метеорологических наблюдений метеостанции «Мирный» [5]. Расчеты проведены на период эксплуатации в течение 3 лет, месяц начала счета – январь.

На рис. 2 показаны расчетные значения размеров ореолов протаивания горных пород вокруг ВНС в устьевой части выработки при круглогодичной эксплуатации шахты с естественным тепловым режимом. Как видно из графиков, разме-

## ПРОГНОЗ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ПРОЕКТИРУЕМОЙ РОССЫПНОЙ ШАХТЫ «СОЛУР»

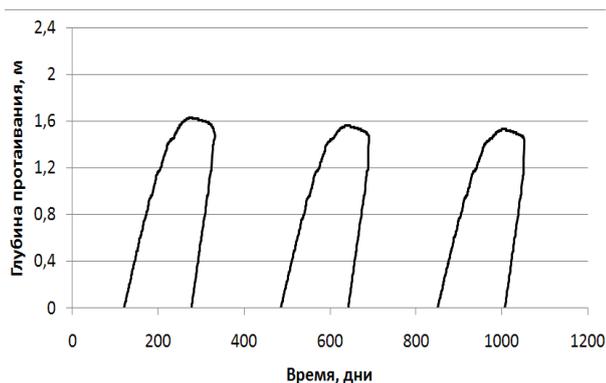


Рис. 2. Динамика изменений размеров ореолов протаивания горных пород в устьевой части ВНС в течение трех лет эксплуатации

ры ореолов протаивания по истечении года могут достигать 1,6 м, а в последующие годы будет происходить некоторое снижение темпа оттайки за счет аккумуляции холода окружающим породным массивом в зимний период эксплуатации. Начало оттайки пород в первый год эксплуатации приходится на 1–2 мая.

Необходимо отметить, что глубина протаивания массива вмещающих горных пород в значительной степени зависит от их влажности (льдистости), поскольку с ее увеличением требуется больший расход тепла на фазовые переходы влаги, вследствие чего ореолы протаивания будут меньших размеров.

На рис. 3 показана динамика изменения температуры воздуха, а также горных пород на стенке выработки и по глубине массива в устьевой части ВНС.

Как видно из графиков, в зимний период происходит интенсивное промораживание устьевой части выработки, так температура

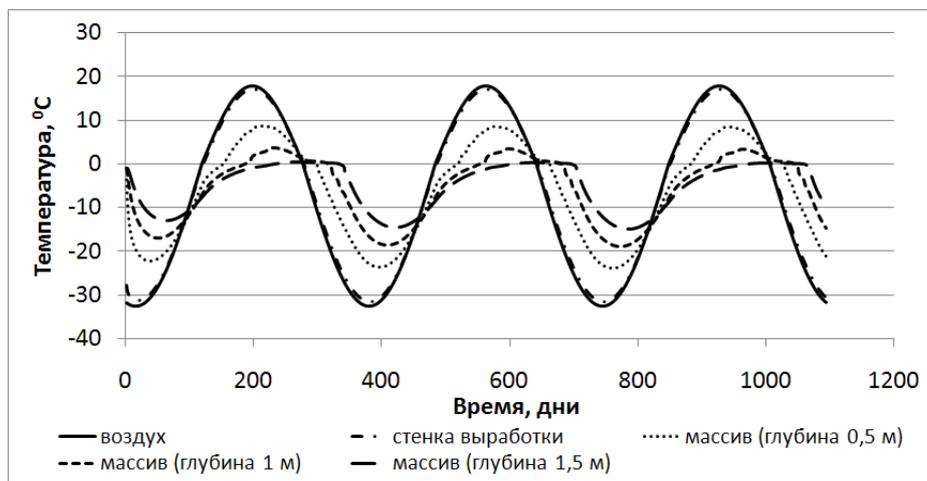


Рис. 3. Динамика изменения температуры воздуха, горных пород стенки выработки и по глубине массива (0,5, 1 и 1,5 м) в устьевой части ВНС при круглогодичной эксплуатации шахты

пород на глубине 0,5 м понижается до  $-22^{\circ}\text{C}$ , а на глубине 1,5 м до  $-13^{\circ}\text{C}$ . В летний период ситуация противоположная – за счет поступления атмосферного тепла массив горных пород протаивает, на глубине 0,5 м максимальная температура пород составляет  $8-9^{\circ}\text{C}$ , на глубине 1,5 м  $0-0,5^{\circ}\text{C}$ , что согласуется с данными, приведенными на рис. 2 и 3, где глубина протаивания так же находится в пределах 1,6 м.

Таким образом, сезонные колебания температуры наружного воздуха, вызывающие знакопеременный характер процессов тепло- и массообмена воздуха с породным массивом, оказывают значительное влияние на тепловой режим устьевых участков вентиляционных выработок. В зимний период шахтный воздух будет иметь низкую температуру, что создаст дискомфортные условия труда для горнорабочих. Летом оттаивание мерзлых пород, окружающих воздухоподающие выработки, будет сопровождаться снижением их устойчивости, и не исключено завалами выработок [6].

Согласно пункту 185 Единых правил безопасности, при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом запрещается разработка многолетнемерзлых россыпей лавами при температуре песков и пород кровли (на глубине 0,5 м от плоскости обнажения) от  $-1^{\circ}\text{C}$  и выше [7]. В этих случаях подготовительные выработки должны крепиться сплошной крепью без отставания крепи от забоя. Подаваемый вентиляционный воздух не должен вызывать растепление воздухоподающих горных выработок, что трудно выполнимо без его искусственного охлаждения.

Этим и объясняется сезонность работ в РШ криолитозоны (в основном в зимний период).

Таким образом, основным требованием при регулировании теплового режима (РТР) РШ является недопущение оттаивания окружающих дисперсных горных пород, поэтому очистная выемка должна производиться только в холодное время года.

Применение различных способов РТР (теплоаккумулирующие выработки, комбинированные схемы проветривания, камеры теплообменники и др.) с целью обеспечения круглогодичной эксплуатации шахты при использовании

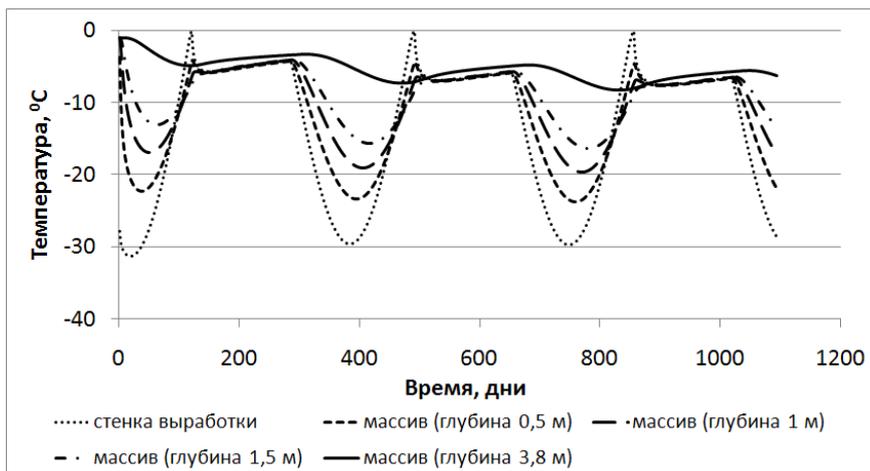


Рис. 4. Динамика изменения температуры горных пород стенки выработки и по глубине массива (0,5, 1 и 1,5 м) в устьевой части ВНС при консервации шахты на летний период

дизельного оборудования и относительно больших расходах воздуха либо исключено, либо экономически затратно. Стоит отметить, что в технологическом регламенте подземной разработки алмазонасной залежи «Солур» предполагается консервация горных работ на летний период [3].

На рис. 4 показана динамика изменений температуры горных пород стенки выработки в устьевой части ВНС с учетом консервации шахты в летний период. При таком режиме эксплуатации происходит снижение температур окружающих горных пород, что является следствием подачи в шахту только холодного воздуха. Приостановка деятельной вентиляции на летний период позволяет понизить температуру пород в устьевой части ВНС до  $-7^{\circ}\text{C}$  способствуя повышению устойчивости выработки.

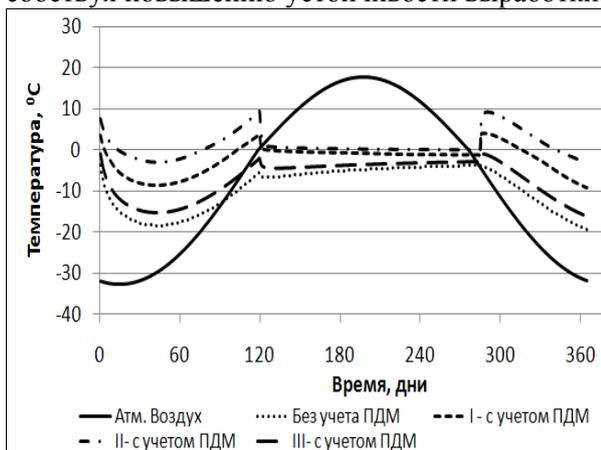


Рис. 5. Динамика температур наружного воздуха и температур воздуха в очистном забое: I – с учетом ПДМ, работает одна ПДМ ST7, тепловыделение 355 кВт; II – с учетом ПДМ, работают две ПДМ ST7, суммарные тепловыделения 671 кВт; III – с учетом ПДМ, работают две ПДМ ST7 с коэф. загрузки 0,7, суммарные тепловыделения 141 кВт

Периоды консервации шахты на летний сезон

I год	II год	III год
1 мая– 13 октября	6 мая– 15 октября	6 мая– 17 октября

В таблице приведены расчетные периоды консервации шахты на летний сезон в течение трех лет эксплуатации, из которой можно сделать вывод, что этот период начинается с начала мая и продолжается до середины октября.

На рис. 5 приведена динамика изменений температуры наружного воздуха, а также

температуры шахтного воздуха в очистном забое с учетом и без учета тепловыделений от СГО.

Из рисунка видно, что без учета тепловыделений от работающих машин температура воздуха в очистном забое в наиболее холодный период понижается до  $-19^{\circ}\text{C}$ .

При работе СГО в забое происходит локальный подогрев воздуха за счет выделения тепла от работы дизелей и электродвигателей, которые определяются по известной полезной мощности машины и коэффициенту полезного действия механизмов. При работе одной ПДМ ST7 (вариант I) тепловыделения составят 355 кВт и температура воздуха в очистном забое в наиболее холодный период не опустится ниже  $-10,1^{\circ}\text{C}$ . При работе двух ПДМ ST7 (вариант II, суммарные тепловыделения 671 кВт) минимальные значения температуры воздуха составят  $-5,2^{\circ}\text{C}$ .

Если провести подсчет тепловыделений ПДМ с учетом коэффициента загрузки машин (в данном случае 0,7) и расхода топлива (средний расход топлива ПДМ ST7 – 10 л/ч) [8], то при работе двух ПДМ ST7 суммарные тепловыделения будут равны 141 кВт (вариант III), а минимальные значения температуры воздуха составят  $-17,4^{\circ}\text{C}$ .

В комплексе мероприятий, направленных на улучшение гигиенических условий труда подземных горнорабочих, главная роль принадлежит техническому аспекту – регулированию теплового режима, в основе которого лежит создание в зимний период в выработках умеренных отрицательных температур, близких к естественным температурам окружающих горных пород [4]. При этом предельно допустимая минимальная температура рудничного воздуха определяется по следующим формулам [9]:

– в забоях тупиковых выработок и очистных камерах:  $t_{np} \approx 2 \cdot v - 8^{\circ}\text{C}$ ;

– в остальных подземных выработках:  $t_{np} \approx 2 \cdot v - 15^\circ\text{C}$ .

Средняя скорость воздуха в лаве (из расчета требуемого режима проветривания при работе двух ПДМ ST7) составляет 0,7 м/с, при этом минимально допустимая температура в лаве будет равна  $-6,6^\circ\text{C}$ . Полученные расчетные значения (рис. 5) превышают этот показатель в 2–3 раза, тем самым устанавливаются довольно жесткие внутришахтные климатические условия. Исключение составляет вариант при работе в забое двух ПДМ ST7, тепловыделения от которых позволяют обеспечить приемлемые температурные условия для горнорабочих.

Согласно Единым правилам безопасности, в шахтах, где параметры воздуха по температурному фактору ниже допустимых норм, должны применяться меры по предупреждению переохлаждения организма горнорабочих, например, подогрев воздуха с помощью калориферов.

### Заключение

Как показали проведенные прогнозные расчеты, в зимний период работы РШ «Солур» происходит прогрессирующее охлаждение и аккумуляция холода окружающими горными породами. Тем самым обеспечиваются устойчивость горных выработок и безопасные условия труда горнорабочим. При этом низкие температуры воздуха в очистных забоях могут послужить причиной роста простудных заболеваний рабочих и соответственно снижения производственных показателей РШ. В данном случае потребуются разработка соответствующих мероприятий по регулированию теплового режима в шахте для создания комфортных условий труда горнорабочим. В летний период (при круглогодичной эксплуатации) за счет поступления атмосферного тепла в шахту бу-

дет происходить интенсивная оттайка вмещающего выработки массива горных пород, что однозначно скажется на снижении устойчивости выработок и потребует увеличения затрат на их крепление. Таким образом, с этих позиций сезонная работа РШ предпочтительна.

### Литература и источники

1. *Шерстов В.А.* Подземная разработка россыпных месторождений в условиях многолетней мерзлоты. – М.: ВИНТИ, 1994. – 90 с.
2. *Шерстов В.А., Скуба В.Н., Лубий К.И. и др.* Подземная разработка россыпных месторождений Якутии. – Якутск: Кн. изд-во, 1981. – 180 с.
3. *Отчет «Технологический регламент на подземную отработку месторождения «Солур».* – М.: ИПКОН РАН, 2013.
4. *Шерстов В.А.* Подземная разработка многолетнемерзлых россыпных месторождений: учебно-методическое пособие. – Якутск: Якутский госуниверситет, ИГДС СО РАН, 2002. – 124 с.
5. *Фельдман Г.М.* Пособие по прогнозу температурного режима грунтов Якутии / Отв. ред. П.И. Мельников. – Якутск: ИМЗ СО АН СССР, 1988. – 240 с.
6. *Емельянов В.И., Мамаев Ю.А., Кудлай Е.Д.* Подземная разработка многолетнемерзлых россыпей / Под ред. канд. техн. наук В.И. Емельянова. – М.: Недра, 1982. – 240 с.
7. *Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом (ПБ 03–553–03).* Постановление Госгортехнадзора России от 13.05.03 № 30 (зарегистрировано Минюстом России 28.05.03 г., рег. № 4600).
8. *Дядькин Ю.Д., Шувалов Ю.В.* Тепловые съемки и тепловой расчет шахт и рудников: учебное пособие. – Л.: Изд-во ЛГИ, 1977. – 87 с.
9. *Дядькин Ю.Д.* Основы горной теплофизики для шахт и рудников Севера. – М.: Недра, 1968. – 255 с.

Поступила в редакцию 20.11.2014

УДК 551.49:551.345

## Химический состав подземных вод зоны активного водообмена Чульманского адартезианского бассейна

Ф.Р. Завадский, М.Н. Железняк, А.Ф. Жирков

*Представлен анализ многолетней и сезонной динамики химического состава подземных вод юрского водоносного комплекса Чульманского адартезианского бассейна (Южная Якутия) на примере месторождения подземных вод Еловое за период 2002–2010 гг. Выявлены основные закономерности изменения химического состава подземных вод и оценена степень влияния динамики разгрузки подзем-*

ЗАВАДСКИЙ Феликс Романович – к.г.-м.н., н.с. Института мерзлотоведения СО РАН, zavadski07@rambler.ru;  
ЖЕЛЕЗНЯК Михаил Николаевич – д.г.-м.н., директор Института мерзлотоведения СО РАН, fe@mpi.ysn.ru;  
ЖИРКОВ Александр Федотович – аспирант Института мерзлотоведения СО РАН, zhirkov\_af@mail.ru.

– в остальных подземных выработках:  $t_{np} \approx 2 \cdot v - 15^\circ\text{C}$ .

Средняя скорость воздуха в лаве (из расчета требуемого режима проветривания при работе двух ПДМ ST7) составляет 0,7 м/с, при этом минимально допустимая температура в лаве будет равна  $-6,6^\circ\text{C}$ . Полученные расчетные значения (рис. 5) превышают этот показатель в 2–3 раза, тем самым устанавливаются довольно жесткие внутришахтные климатические условия. Исключение составляет вариант при работе в забое двух ПДМ ST7, тепловыделения от которых позволяют обеспечить приемлемые температурные условия для горнорабочих.

Согласно Единым правилам безопасности, в шахтах, где параметры воздуха по температурному фактору ниже допустимых норм, должны применяться меры по предупреждению переохлаждения организма горнорабочих, например, подогрев воздуха с помощью калориферов.

### Заключение

Как показали проведенные прогнозные расчеты, в зимний период работы РШ «Солур» происходит прогрессирующее охлаждение и аккумуляция холода окружающими горными породами. Тем самым обеспечиваются устойчивость горных выработок и безопасные условия труда горнорабочим. При этом низкие температуры воздуха в очистных забоях могут послужить причиной роста простудных заболеваний рабочих и соответственно снижения производственных показателей РШ. В данном случае потребуются разработка соответствующих мероприятий по регулированию теплового режима в шахте для создания комфортных условий труда горнорабочим. В летний период (при круглогодичной эксплуатации) за счет поступления атмосферного тепла в шахту бу-

дет происходить интенсивная оттайка вмещающего выработки массива горных пород, что однозначно скажется на снижении устойчивости выработок и потребует увеличения затрат на их крепление. Таким образом, с этих позиций сезонная работа РШ предпочтительна.

### Литература и источники

1. *Шерстов В.А.* Подземная разработка россыпных месторождений в условиях многолетней мерзлоты. – М.: ВИНТИ, 1994. – 90 с.
2. *Шерстов В.А., Скуба В.Н., Лубий К.И. и др.* Подземная разработка россыпных месторождений Якутии. – Якутск: Кн. изд-во, 1981. – 180 с.
3. *Отчет «Технологический регламент на подземную отработку месторождения «Солур».* – М.: ИПКОН РАН, 2013.
4. *Шерстов В.А.* Подземная разработка многолетнемерзлых россыпных месторождений: учебно-методическое пособие. – Якутск: Якутский госуниверситет, ИГДС СО РАН, 2002. – 124 с.
5. *Фельдман Г.М.* Пособие по прогнозу температурного режима грунтов Якутии / Отв. ред. П.И. Мельников. – Якутск: ИМЗ СО АН СССР, 1988. – 240 с.
6. *Емельянов В.И., Мамаев Ю.А., Кудлай Е.Д.* Подземная разработка многолетнемерзлых россыпей / Под ред. канд. техн. наук В.И. Емельянова. – М.: Недра, 1982. – 240 с.
7. *Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом (ПБ 03–553–03).* Постановление Госгортехнадзора России от 13.05.03 № 30 (зарегистрировано Минюстом России 28.05.03 г., рег. № 4600).
8. *Дядькин Ю.Д., Шувалов Ю.В.* Тепловые съемки и тепловой расчет шахт и рудников: учебное пособие. – Л.: Изд-во ЛГИ, 1977. – 87 с.
9. *Дядькин Ю.Д.* Основы горной теплофизики для шахт и рудников Севера. – М.: Недра, 1968. – 255 с.

Поступила в редакцию 20.11.2014

УДК 551.49:551.345

## Химический состав подземных вод зоны активного водообмена Чульманского адартезианского бассейна

Ф.Р. Завадский, М.Н. Железняк, А.Ф. Жирков

*Представлен анализ многолетней и сезонной динамики химического состава подземных вод юрского водоносного комплекса Чульманского адартезианского бассейна (Южная Якутия) на примере месторождения подземных вод Еловое за период 2002–2010 гг. Выявлены основные закономерности изменения химического состава подземных вод и оценена степень влияния динамики разгрузки подзем-*

ЗАВАДСКИЙ Феликс Романович – к.г.-м.н., н.с. Института мерзлотоведения СО РАН, zavadski07@rambler.ru;  
ЖЕЛЕЗНЯК Михаил Николаевич – д.г.-м.н., директор Института мерзлотоведения СО РАН, fe@mpi.ysn.ru;  
ЖИРКОВ Александр Федотович – аспирант Института мерзлотоведения СО РАН, zhirkov\_af@mail.ru.

ных вод на их химический состав. На основании анализа данных многолетних режимных наблюдений установлены стабильность химического состава подземных вод в многолетнем разрезе и его изменчивость в течение года.

Ключевые слова: подземные воды, химический состав, макрокомпоненты, минерализация, трещинные подземные воды.

*The analysis of long-term and seasonal dynamics of chemical composition of the groundwaters of Jurassic aquifer complex of Chulman adartesian basin (South Yakutia) on the base of the field of groundwaters Elovoe for the period 2002 – 2010 is presented. The basic regularities of changes in the groundwaters chemical composition are revealed and the extent of the influence of the dynamics of groundwaters discharge on their chemical composition is estimated. Based on the data analysis of long-term monitoring observations it is established the stability of the chemical composition of the groundwaters in the long-term perspective and its variability throughout a year.*

Key words: chemical composition, macro components, mineralization, fractured groundwater.

## Введение

Территория Южной Якутии находится в зоне преимущественно прерывистого и островного распространения многолетнемерзлых пород. В связи с наблюдаемым в последние десятилетия потеплением климата появилось много прогнозов и публикаций о деградации многолетней мерзлоты и изменении водных ресурсов.

Изучение динамики гидрогеологических параметров в отдельных регионах на основании имеющихся фактических материалов позволит уточнить целый ряд вопросов по оценке изменения природной среды, в том числе динамики многолетнего режима подземных вод основных водоносных комплексов, обеспечивающих экологическую безопасность регионов.

В настоящей статье представлена оценка динамики химического состава трещинных подземных вод юрского водоносного комплекса по данным режимных наблюдений по скв. 5123, расположенной в пределах месторождения пресных подземных вод Еловое.

## Краткая характеристика месторождения

Месторождение подземных вод Еловое находится в центральной части Чульманского адартезианского бассейна в 5 км южнее пос. Чульман в долине ручья Семёновский, являющегося правым притоком р. Чульман. В пределах площади месторождения преимущественное распространение имеют терригенные толщи юрского возраста, которые повсеместно перекрыты маломощным чехлом рыхлых четвертичных отложений различного генезиса (элювий, делювий, аллювий). В геоморфологическом отношении месторождение относится к среднегорью южной части Алданского нагорья и характеризуется сглаженными формами рельефа. Водоразделы в бассейне р. Чульман

представляют собой залесённые увалы с полого-выпуклыми поверхностями выравнивания. Склоны водоразделов преимущественно средней крутизны с развитыми на отдельных участках денудационными уступами. Глубина расчленения рельефа достигает 150–180 м при абсолютных отметках водоразделов до 970 м.

Ручей Семёновский является постоянно действующим водотоком, хотя в конце зимнего водно-критического периода поверхностный сток заметно сокращается и составляет не более 30 л/с. Долина ручья V-образная, асимметричная, шириной от 50 до 110 м. В подножье склоны долины довольно крутые, поросшие смешанным лесом. Днище долины и русло реки перекрыто аллювием, сложенным валунами и галькой с песчаным заполнителем.

Согласно данным детальной разведки месторождения подземных вод Еловое, трещинные напорные подземные воды юрского водоносного комплекса в соответствии с существующей гидрогеологической классификацией подземных вод криолитозоны В.В. Шепелёва [1] можно отнести к подмерзлотным водам, контактирующим с нижней границей многолетнемерзлых пород. Вскрытая мощность юрского водоносного комплекса изменяется от 91 до 176 м, а суммарная мощность водовыводящих зон составляет от 4 до 16 м. В пределах водоразделов уровень подземных вод залегает на глубине 42–89 м, на склонах – на глубине 12–46 м, а в долине ручья Семёновский – на глубине от 0,8 до 12,2 м. Питание юрского водоносного комплекса осуществляется, в основном, за счёт инфильтрации в летний период времени атмосферных осадков на талых участках водоразделов.

Максимальная мощность многолетнемерзлых пород (ММП) на участке исследований приурочена к нижним частям склонов и днищу долины ручья Семёновский, где она достигает 40–55 м. Водоразделы и верхние части склонов талые. Средний геотермический градиент для талых по-

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЗОНЫ АКТИВНОГО ВОДООБМЕНА

род по участку исследований составляет  $0,48^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ , а для мерзлых –  $0,67^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ .

### Методика наблюдений

Режимная, самоизливающаяся скв. 5123 расположена на склоне правого борта долины ручья Семёновский. Глубина её до забоя составляет 150 м. Дебит самоизлива в различные сезоны года изменяется от 5,5 до 22,4 л/с. Средний, многолетний дебит за период наблюдений (1994 – 2011 гг.) составил 13,8 л/с. Регулярные режимные наблюдения за химическим составом подземных вод юрского водоносного комплекса проводились гидрогеологами режимного отряда ГУГПП РС(Я) «Якутскгеология» с 2002 по 2010 г. Пробы воды отбирались на изливе и оперативно доставлялись в аккредитованные лаборатории. Частота отбора проб в начальный период исследований (2002–2004 гг.) составляла 6 проб в год через равные промежутки времени, а в последующие годы – 3–4 пробы воды в год. Следует отметить, что в обязательном порядке отбирались пробы в начале (сентябрь–октябрь) и конце (апрель–май) зимнего водно-критического периода. Отобранные пробы воды анализировались в химико-аналитической лаборатории ООО «Зюйд-Вест» (пос.Чульман) и центральной лаборатории ГУГПП РС(Я) «Якутскгеология» (г.Якутск) по стандартной методике.

### Обсуждение результатов наблюдений

Как отмечалось рядом исследователей [2], формирование химического состава подземных вод в зоне интенсивного водообмена зависит, в первую очередь, от минерализации и величины инфильтрации выпадающих атмосферных осадков, скорости водообмена, степени промытости гидрогеологического разреза, состава и растворимости водовмещающих горных пород. По нашему мнению, на территории Южной Якутии, в пределах развития терригенных пород юрского возраста (песчаники, алевролиты, конгломераты), основными факторами формирования химического состава подземных вод в многолетнем разрезе являются: скорость водообмена в системе атмосферные осадки – подземные воды и степень промытости водовмещающих пород.

По имеющимся сведениям минерализация жидких осадков на территории исследований является стабильной величиной в многолетнем разрезе и изменяется в узких пределах от 18 до 26 мг/л. Атмосферные воды по химическому составу являются гидрокарбонатно-хлоридными смешанного катионного состава. Величина рН изменяется от 6,4 до 7,2. Снеговые воды имеют следующий химический состав: величина минерализации 10–12 мг/л, гидрокарбонатно-хлоридные, магниевые-кальциевые, величина рН 6,0–6,5.

Полученные в процессе наблюдений данные о геохимическом составе подземных вод юрского водоносного комплекса (скв.5123) позволили выявить сезонные изменения минерализации (рис.1).

По химическому составу подземные воды являются гидрокарбонатными кальциево-магниевыми. Минерализация их в течение 2003 г. изменялась в пределах от 176 до 226 мг/л. Максимальная величина минерализации отмечалась в конце зимнего водно-критического периода, а в летний период времени она уменьшалась в связи с инфильтрацией выпадающих атмосферных осадков. Аналогично происходит изменение содержания основных макрокомпонентов в воде. Подобный процесс сезонной изменчивости химического состава характерен для всего периода наблюдений. Однако имеются различия в амплитуде этих изменений, что зависит от количества выпадающих атмосферных осадков в летний период времени.

Межгодовая изменчивость минерализации и химического состава подземных вод по скв. 5123 представлена на рис. 2–4. Средняя годовая величина минерализации подземных вод имеет циклические колебания при среднем многолетнем

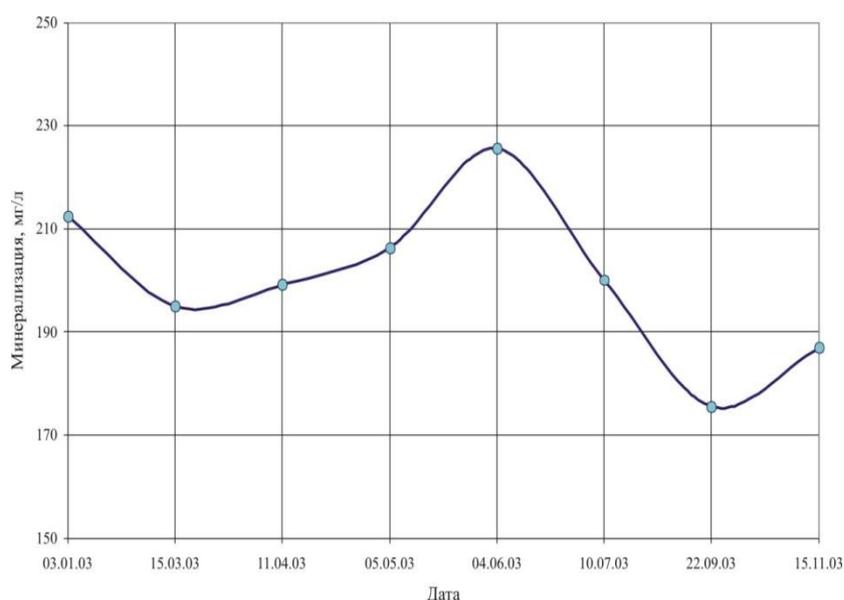
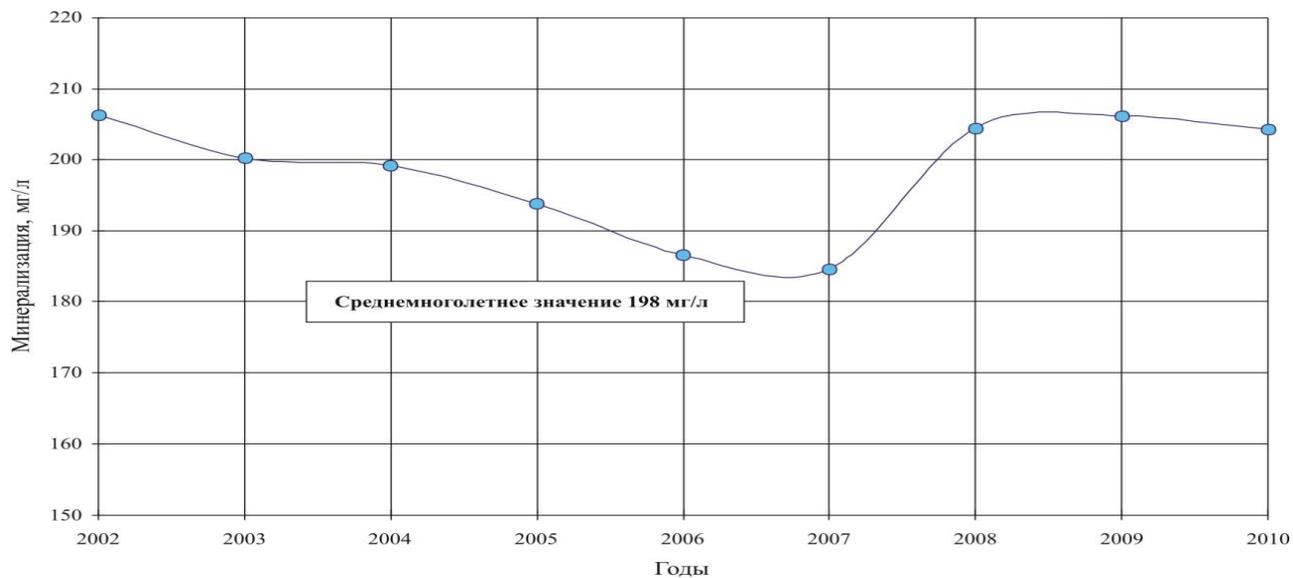
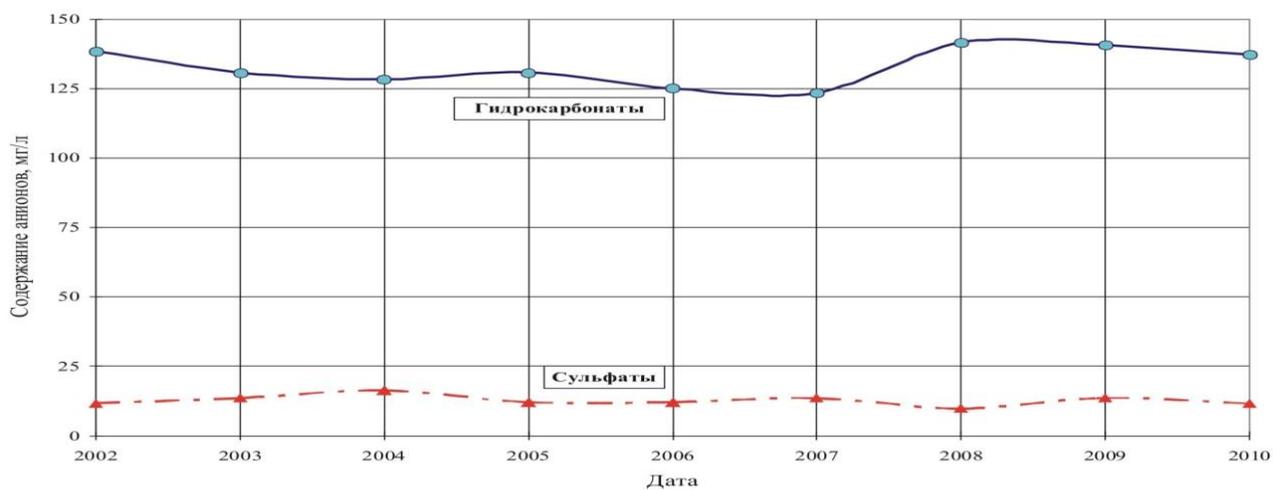


Рис.1. Сезонная изменчивость минерализации подземных вод по скв. 5123

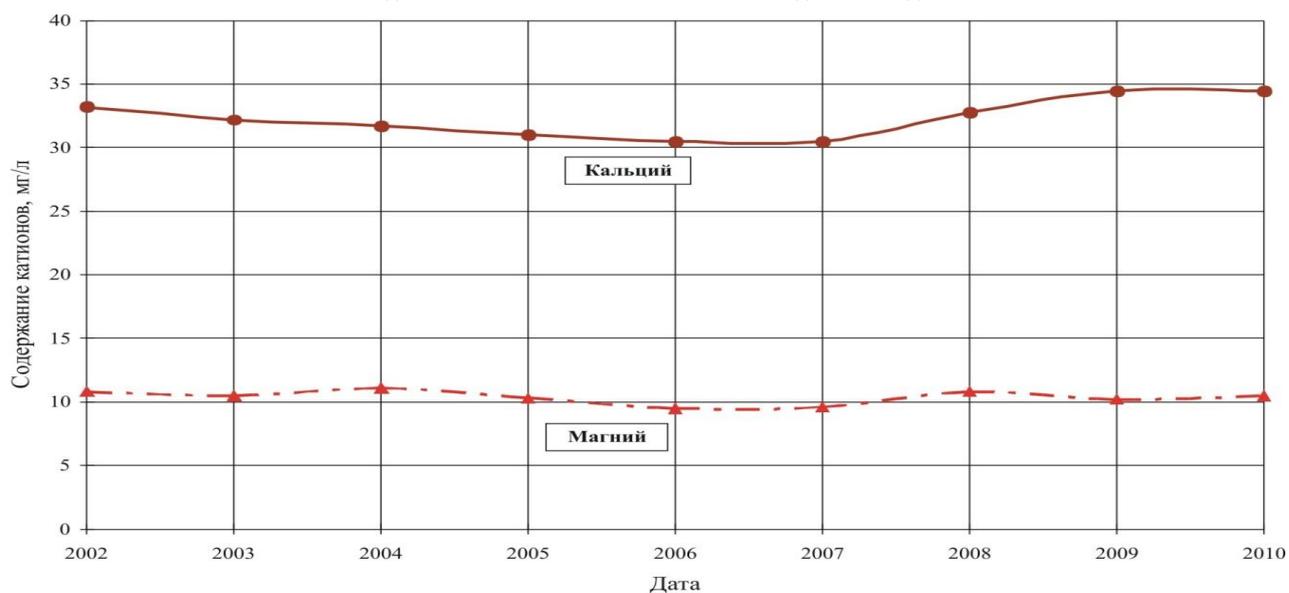
## ЗАВАДСКИЙ, ЖЕЛЕЗНЯК, ЖИРКОВ



**Рис.2.** Межгодовая изменчивость минерализации подземных вод по скв. 5123



**Рис.3.** Межгодовая изменчивость анионного состава подземных вод по скв. 5123



**Рис.4.** Межгодовая изменчивость катионного состава подземных вод по скв. 5123

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЗОНЫ АКТИВНОГО ВОДООБМЕНА

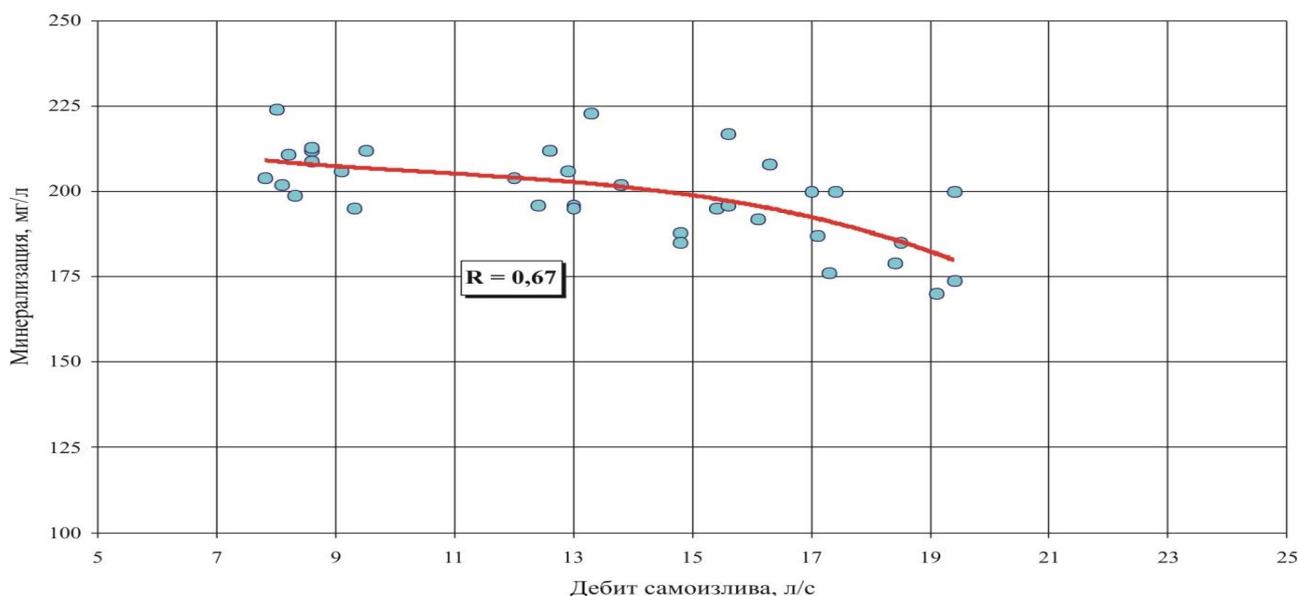


Рис.5. Корреляционная зависимость между дебитом самоизлива и минерализацией подземных вод по скв. 5123

значении – 198 мг/л. С 2002 по 2007 г. отмечено плавное и весьма незначительное уменьшение минерализации, а с 2007 по 2009 г. – её рост.

На представленных графиках видно, что наиболее существенные изменения наблюдаются в содержании гидрокарбонатов и кальция, менее существенные – сульфатов и магния. Выявленные изменения в содержании макрокомпонентов и минерализации подземных вод в многолетнем разрезе по сравнению со средними многолетними значениями позволяют утверждать о стабильности гидрогеохимического состава подземных вод юрского водоносного комплекса.

На основе анализа полученных данных (рис.5) была оценена взаимосвязь минерализации подземных вод с величиной их самоизлива из скв. 5123. Коэффициент корреляции между дебитом самоизлива и минерализацией подземных вод составил  $k=0,67$ . Полученное значение коэффициента корреляции свидетельствует о наличии довольно тесной корреляционной взаимосвязи между оцениваемыми параметрами.

### Выводы

По данным проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

1. В течение года отмечаются довольно существенные изменения в минерализации и макрокомпонентном составе подземных вод юрского водоносного комплекса. Минимальная величина минерализации подземных вод

отмечается осенью. Это обусловлено инфильтрацией выпадающих атмосферных осадков в летний период года и их разбавляющим эффектом. Максимальная концентрация химических элементов в воде устанавливается весной при отсутствии атмосферного питания, которому препятствует сохранившийся в это время сезонномерзлый слой. Вышеизложенный процесс сезонной изменчивости химического состава характерен для всего периода наблюдений (повторяется ежегодно). Однако имеются различия в амплитуде этих изменений в зависимости от количества выпадающих атмосферных осадков в летний период, времени и скорости водообмена.

2. Изменения в содержании макрокомпонентов и минерализации подземных вод в многолетнем разрезе по сравнению со средними многолетними значениями весьма незначительны, что позволяет сделать вывод о весьма стабильном гидрогеохимическом режиме. Это заключение вполне соответствует данным по источнику Улахан-Тарын в Центральной Якутии [3].

3. Выявлена довольно тесная корреляционная связь (коэффициент корреляции – 0,67) между величиной минерализации подземных вод и величиной дебита их самоизлива из скв. 5123 месторождения Еловое. Повышение дебита скважины свидетельствует об увеличении скорости водообмена и сопровождается уменьшением минерализации подземных вод.

### Литература

1. Шенелёв В.В. Общая характеристика основных типов подземных вод криолитозоны. – Якутск: Изд-во ИМЗ СО РАН, 2002. – С.5–17.

2. Южная Якутия. Мерзлотно-гидрогеологические и инженерно-геологические условия Алданского горнопромышленного района / Под ред. В.А. Кудрявцева. – М.: Изд-во МГУ, 1975. – 444 с.

3. Павлова Н.А., Колесников А.Б., Ефремов В.С. Состав межмерзлотных вод в Центральной Якутии

// Материалы Всероссийской конференции с участием иностранных учёных «Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами». – Томск: Изд-во НТЛ, 2012. – С.162–165.

Поступила в редакцию 05.11.2014

УДК 551.345

## Особенности динамики температуры грунтов на территории г. Якутска

И.И. Сыромятников, И.В. Дорофеев

*Сравнительный анализ динамики температуры грунтов территории г. Якутска показал, что на урбанизированной части города происходит относительное понижение температуры грунтов по сравнению с температурой, прилегающей к городу местности. Высокая аварийность тепло- и водонесущих коммуникаций является основной причиной нарушения физико-химических свойств и температурных условий несущих грунтов. Исходя из этого, проведено районирование территории г. Якутска по возрасту ее освоения.*

Ключевые слова: многолетнемерзлые породы, температура грунтов, сравнительный анализ, инженерные сети, криопэги, наледы, потепление климата, геокриологический мониторинг.

*A comparative analysis of the ground temperature variations in the Yakutsk area has shown that the urban part of the city has relatively lower ground temperatures compared to the adjoining areas. The high failure rate of the heat and water supply lines is the main cause for disturbances to the physical and chemical properties and temperature regime of the foundation soils. Zonation mapping of the Yakutsk area by age of its development has been made.*

Key words: permafrost rocks, grounds temperature, comparative analysis, service lines, cryopegs, icings, climate warming, geocryological monitoring.

### Введение

История застройки территории г. Якутска насчитывает свыше трех с половиной веков. Объекты города занимают в основном первые две низкие террасы р. Лены с абсолютными отметками 95–100 м со сложными инженерно-геологическими условиями территории. Грунты здесь представлены сильно льдистыми озерно-аллювиальными образованиями – песками и суглинками мощностью до 20–22 м. На протяжении длительного времени город застраивался деревянными зданиями. Интенсивная каменная застройка началась только с середины прошлого века. Строительство многоэтажных каменных домов ведется на сваях по 1-му принципу, т.е. с сохранением мерзлого состояния грунтов основания. Длительный

опыт строительства по данному принципу в целом доказывает правильность такого подхода.

Массовые измерения температуры грунтов на территории г. Якутска впервые были проведены в середине прошлого века, т.е. когда основная часть города была еще деревянной [1–3]. Они показали, что на территории города произошло понижение температуры грунтов по сравнению с температурой на прилегающей к городу местности.

Целью данной работы являлось изучение динамики температуры многолетнемерзлых пород (ММП) на территории г. Якутска.

### Методика исследований

Потепление климата, массовая застройка кварталов г. Якутска каменными зданиями и появление разных деформаций на зданиях потребовали постоянного слежения за температурным режимом мерзлых грунтов [4].

В 2009–2011 гг. Институтом мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН была создана система скважинного геокриологического мониторинга на территории восьми административных

---

СЫРОМЯТНИКОВ Игорь Иннокентьевич – м.н.с. Института мерзлотоведения СО РАН, syromyatnikov@mpi.usn.ru; ДОРОФЕЕВ Иван Васильевич – ведущий инженер Института мерзлотоведения СО РАН, dorofee-ivan@yandex.ru.

2. Южная Якутия. Мерзлотно-гидрогеологические и инженерно-геологические условия Алданского горнопромышленного района / Под ред. В.А. Кудрявцева. – М.: Изд-во МГУ, 1975. – 444 с.

3. Павлова Н.А., Колесников А.Б., Ефремов В.С. Состав межмерзлотных вод в Центральной Якутии

// Материалы Всероссийской конференции с участием иностранных учёных «Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами». – Томск: Изд-во НТЛ, 2012. – С.162–165.

Поступила в редакцию 05.11.2014

УДК 551.345

## Особенности динамики температуры грунтов на территории г. Якутска

И.И. Сыромятников, И.В. Дорофеев

*Сравнительный анализ динамики температуры грунтов территории г. Якутска показал, что на урбанизированной части города происходит относительное понижение температуры грунтов по сравнению с температурой, прилегающей к городу местности. Высокая аварийность тепло- и водонесущих коммуникаций является основной причиной нарушения физико-химических свойств и температурных условий несущих грунтов. Исходя из этого, проведено районирование территории г. Якутска по возрасту ее освоения.*

Ключевые слова: многолетнемерзлые породы, температура грунтов, сравнительный анализ, инженерные сети, криопэги, наледи, потепление климата, геокриологический мониторинг.

*A comparative analysis of the ground temperature variations in the Yakutsk area has shown that the urban part of the city has relatively lower ground temperatures compared to the adjoining areas. The high failure rate of the heat and water supply lines is the main cause for disturbances to the physical and chemical properties and temperature regime of the foundation soils. Zonation mapping of the Yakutsk area by age of its development has been made.*

Key words: permafrost rocks, grounds temperature, comparative analysis, service lines, cryopegs, icings, climate warming, geocryological monitoring.

### Введение

История застройки территории г. Якутска насчитывает свыше трех с половиной веков. Объекты города занимают в основном первые две низкие террасы р. Лены с абсолютными отметками 95–100 м со сложными инженерно-геологическими условиями территории. Грунты здесь представлены сильно льдистыми озерно-аллювиальными образованиями – песками и суглинками мощностью до 20–22 м. На протяжении длительного времени город застраивался деревянными зданиями. Интенсивная каменная застройка началась только с середины прошлого века. Строительство многоэтажных каменных домов ведется на сваях по 1-му принципу, т.е. с сохранением мерзлого состояния грунтов основания. Длительный

опыт строительства по данному принципу в целом доказывает правильность такого подхода.

Массовые измерения температуры грунтов на территории г. Якутска впервые были проведены в середине прошлого века, т.е. когда основная часть города была еще деревянной [1–3]. Они показали, что на территории города произошло понижение температуры грунтов по сравнению с температурой на прилегающей к городу местности.

Целью данной работы являлось изучение динамики температуры многолетнемерзлых пород (ММП) на территории г. Якутска.

### Методика исследований

Потепление климата, массовая застройка кварталов г. Якутска каменными зданиями и появление разных деформаций на зданиях потребовали постоянного слежения за температурным режимом мерзлых грунтов [4].

В 2009–2011 гг. Институтом мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН была создана система скважинного геокриологического мониторинга на территории восьми административных

---

СЫРОМЯТНИКОВ Игорь Иннокентьевич – м.н.с. Института мерзлотоведения СО РАН, syromyatnikov@mpi.usn.ru; ДОРОФЕЕВ Иван Васильевич – ведущий инженер Института мерзлотоведения СО РАН, dorofee-ivan@yandex.ru.

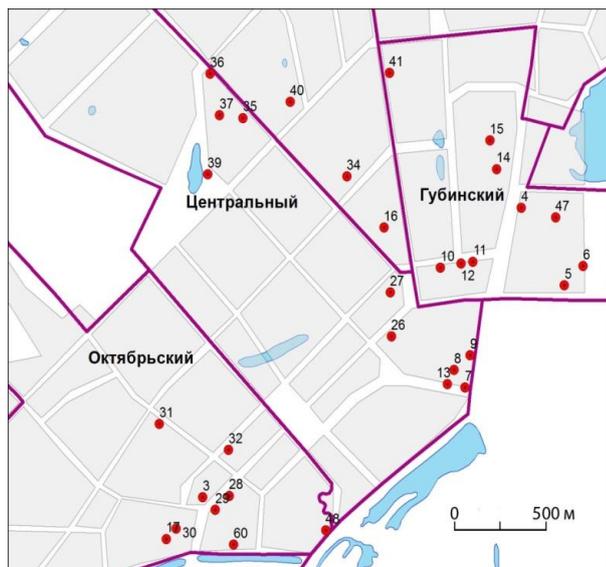


Рис. 1. Расположение буровых скважин системы геокриологического мониторинга на территории г. Якутска

округов г. Якутска. Эта система включает в себя 65 участков. Каждый из них обеспечен разрезом буровой скважины, который оборудован контрольно-измерительной аппаратурой (рис. 1).

Созданная система геокриологического мониторинга предназначена для изучения формирования состава и строения грунтов сезонно-протаивающего (деятельного), сезоннопромерзающего и культурного слоя, а также для регистрации изменений теплового состояния грунтов в слое годовых теплооборотов в многолетнем цикле.

Для анализа динамики температурного поля грунтов на территории г. Якутска авторами настоящей статьи был использован метод сравнения полученных данных геокриологического мониторинга с результатами геотермических наблюдений, проведенных в предыдущие годы.

### Результаты и обсуждение

Климат Центральной Якутии по основным параметрам (температура воздуха, осадки, снежный покров) на рубеже XVI–XVII веков имел близкие значения к современному периоду [5, 6]. Исходя из этого, можно предположить, что в начале освоения территории города температура ММП в естественных условиях могла быть от  $-3$  до  $-4^{\circ}\text{C}$ .

Первые измерения температуры ММП на территории города были осуществлены лишь в 40-х годах XIX века [1]. Измерения проводились в шахте Шергина до глубины 116,4 м в

шпурах, пробуренных в стенках шахты. Было установлено, что температура грунтов на глубине 10 м составляла около  $-9^{\circ}\text{C}$ , что значительно ниже, чем температура вне обжитой части территории города. Согласно замерам в шахте Шергина, проведенным Якутской научно-исследовательской мерзлотной станцией Института мерзлотоведения им. В.А. Обручева АН СССР, температура грунтов на той же глубине составила  $-8,1^{\circ}\text{C}$ , что позволило говорить о незначительном естественном охлаждении стенок шахты после ее проходки. Последующие исследования температурного поля грунтов на территории древней части города позволили однозначно утверждать, что их средняя годовая температура за всю историю города на его территории не могла быть ниже  $-8^{\circ}\text{C}$  [7–10].

В 30–50-х годах прошлого века на территории города и его окрестностях были организованы массовые температурные наблюдения в специально оборудованных скважинах. Они показали, что на застроенной части территории г. Якутска температура ММП существенно ниже по сравнению с ненарушенными участками. Если в старой части города температура грунтов составляла от  $-6$  до  $-8,1^{\circ}\text{C}$ , то в его окрестностях температура находилась в диапазоне от  $-2^{\circ}$  (на лугу) до  $-3^{\circ}\text{C}$  (в лесу). В результате анализа полученных данных П.А. Соловьев [3] пришел к выводу, что деревянный тип застройки и прежний уклад жизни населения способствовали значительному охлаждению верхних горизонтов мерзлых грунтов. Кроме того, он, вслед за П.А. Мельниковым [10], указывал на возможное повышение температуры грунтов в городе, в связи с будущим «...уплотнением застройки и развитием коммунального хозяйства» [3].

Следует отметить некоторые особенности перехода от деревянного способа освоения территории на каменный вид застройки городских кварталов. Эти особенности связаны, в первую очередь, с переходом города на централизованное тепло- и водоснабжение и строительством городского канализационного коллектора. Если теплотрассы, как правило, размещались на поверхности земли или над землей, то остальные коммуникации, включая кабели связи и электропитания, прокладывались подземным способом. Канализационный коллектор, проходящий под основными улицами города, проектировался и строился на существовавших в то время расчетных объемах стоков, которые в последующем были превышены. Это обстоятельство, а также наличие мерзлых льдистых грунтов и отсутствие естественных уклонов привели к частой его аварийности.

Аварии на основном коллекторе и во внут-

риквартильных сетях сопровождаются подземными утечками фекальных вод через неплотные трубные соединения и отверстия в изношенных трубах, которые агрессивно воздействуют на вмещающие грунты. При разливе стоков непосредственно на земную поверхность в зимний период под домами формируются техногенные наледы, нарушающие температурный режим грунтовых оснований зданий, построенных по принципу сохранения грунтов в мерзлом состоянии.

Таким образом, в настоящее время в центральной части г. Якутска сформировалась сильно урбанизированная территория с густой сетью подземных коммуникаций довольно глубокого заложения (до 8–10 м). Высокая аварийность тепло- и водоснабжающих коммуникаций являются основными причинами нарушения структуры, физических и химических свойств несущих грунтов в г. Якутске.

Проведенные геотермические наблюдения показали чрезвычайную сложность формирования температурного поля грунтов в урбанизированной части территории города. Установлено, что в старой его части произошло засоление грунтов, приведшее к появлению на относительно небольшой глубине горизонтов микроморозных грунтов или криопэгов [11]. Здесь на некоторых участках, по сравнению с 1930–1950 гг., произошло повышение средних годовых значений температуры грунтов, а на не-

Таблица 1

Температура грунтов в скважинах мониторинговой сети в пределах территории старой застройки г. Якутска за период 2009–2011 гг.

Номер скважины	Местоположение (название улицы, № дома)	Температура грунтов на глубине 10 м, °С
3	Петровского, 2	-2,4
7	Хабарова, 1	-4,9
8	Ярославского, 2	-5,0
9	Хабарова, 5	-3,8
10	Чиряева, 4	-4,2
11	Чиряева, 8	-3,5
12	Чиряева, 8	-4,1
13	Ярославского, 4	-5,7
17	Каландаришвили, 1	-2,5
26	Ленина, 11	-4,2
27	Орджоникидзе, 3/1	-4,0
28	Ленина, 35	-4,2
29	Ленина, 37	-3,0
30	Ленина, 46	-2,2
31	Октябрьская, 21	-3,8
32	Орджоникидзе, 45	-4,8
48	Чернышевского, 22/2	-4,1
60	Кулаковского, 16	-4,5
Средняя температура грунтов на территории старой части г. Якутска		-3,9°С

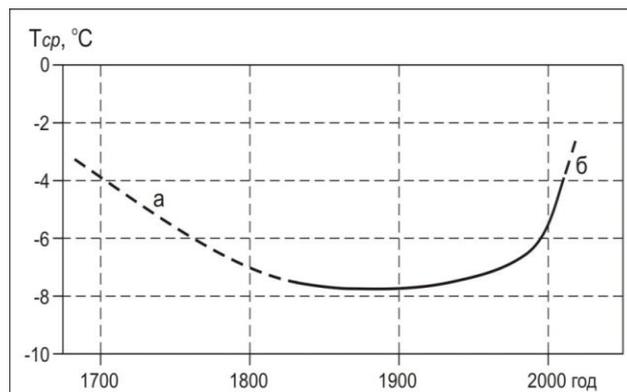


Рис. 2. Динамика температуры многолетнемерзлых грунтов на глубине 10 м в старой части г. Якутска. Пунктиром на графике показаны интервалы предполагаемых (а) и прогнозных (б) изменений температуры грунтов

которых – понижение. В старой части города температура ММП в среднем составляет -3,9°С (табл. 1), что в целом соответствует нормативным показателям строительства зданий и сооружений, принятым в г. Якутске.

Сравнение этих данных с результатами температурных наблюдений, проведенных в начале XX века, указывает на то, что на глубине 10 м произошло повышение температуры ММП примерно на 3,5°С (рис. 2).

Основываясь на этих данных, вслед за П.А. Соловьевым [3], можно говорить о существовании определенной зависимости между значением температуры ММП и возрастом застройки городской территории. В связи с этим нами было проведено районирование территории г. Якутска по возрасту ее освоения (рис. 3).

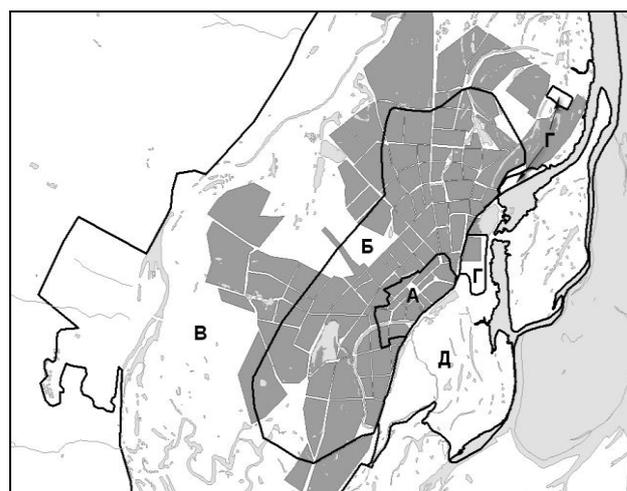


Рис. 3. Схематическая карта районирования территории г. Якутска по возрасту ее освоения. Условные обозначения: А – старая часть города (более 160 лет); Б – средневозрастная часть города (70–160 лет); В – постепенно осваиваемая часть города (менее 70 лет); Г – объекты на намывных грунтах (менее 40 лет); Д – пойма р. Лены. Карта составлена В.В. Куницким при участии авторов

Зависимость изменения температуры грунтов от возраста застройки территории г. Якутска

Индекс на карте	Выделенные области на территории города	Температура грунтов на глубине 10 м	Степень изменения температуры грунтов
А	Наиболее древняя застроенная часть города (возраст более 160 лет)	-2,2...-5,7°C (вне зданий и водных объектов)	Сильно изменена
Б	Средневозрастная застроенная часть города (возраст 70–160 лет)	-2,5...-6,5°C (вне зданий и водных объектов)	Изменена
В	Локально застроенная (возраст менее 70 лет) и незастроенная часть города	-1...-4°C,	Природный тренд
Г	Районы города и объекты на намывных грунтах (возраст менее 30 лет)	2...-3°C	Формирующийся температурный режим
Д	Пойма р. Лены (резервная территория для застройки)	0...-2°C (без водных объектов)	

Сравнительный анализ данных геокриологического мониторинга с результатами ранее проведенных геотермических наблюдений показал, что области, выделенные в зависимости от возраста освоения территории г. Якутска, различаются по степени изменения температуры грунтов на глубине 10 м (табл. 2).

### Заключение

На первом этапе освоения территории Якутска (до середины XX века) в целом происходило охлаждение грунтов. Наблюдаемое повышение температуры грунтов в старой части города за последние 40–50 лет в основном обусловлено значительной аварийностью водонесущих инженерных сетей. Частые аварийные и постоянные утечки воды из них приводят к повышению температуры несущих грунтов и к появлению криопэгов, которые нарушают режим эксплуатации зданий. Проведенные исследования подтвердили прогнозы П.И. Мельникова и П.А. Соловьева, сделанные ими в 50-х годах прошлого века, о возможном повышении температуры грунтов на территории г. Якутска под воздействием техногенных факторов.

### Литература

1. Миддендорф А.Ф. Путешествия на север и восток Сибири: Север и восток Сибири в естественнo-историческом отношении: в 2 ч. – Репринтное издание. – СПб.: АЛЬФАРЕТ, 2009. – Ч. 1. – 884 с.; Ч. 2. – 872 с.
2. Мельников П.И. Мерзлотно-геологические условия возведения гражданских и промышленных

зданий на территории Центральной Якутии: опыт строительства. – М.: Изд-во АН СССР, 1951. – 136 с.

3. Соловьев П.А. О влиянии застройки города Якутска на температуру многолетнемерзлых горных пород // Труды Северо-Восточного отделения Института мерзлотоведения. Вып. 1. – Якутск, 1958. – С. 179–191.

4. Чжан Р.В., Куницкий В.В., Дорофеев И.В. Организация геокриологического мониторинга на территории города Якутска // Научное обеспечение решения ключевых проблем развития г. Якутска. – Якутск: ООО «Издательство Сфера», 2010. – С. 27–33.

5. Будыко М.И. Изменения климата. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 280 с.

6. Гаврилова М.К. Климаты холодных регионов Земли. – Якутск: Изд-во ИМЗ СО РАН, 2003. – 206 с.

7. Сумгин М.И., Качурин С.П., Толстихин Н.И., Тумель В.Ф. Общее мерзлотоведение. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940. – 340 с.

8. Салтыков Н.И. О фундаментах зданий г. Якутска // Труды Института мерзлотоведения им. В.А. Обручева. Т. 1. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1946. – С. 102–136.

9. Мельников П.И. Вечная мерзлота в районе Якутска // Исследование вечной мерзлоты в Якутской республике. Вып. 2. – М.: Изд-во АН СССР, 1950. – С. 53–70.

10. Мельников П.И. Динамика мерзлоты под зданиями и расчет фундаментов для условий низкотемпературной мерзлоты города Якутска // Исследование вечной мерзлоты в Якутской республике. Вып. 3. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – С. 259 – 278.

11. Павлова Н.А. Динамика мерзлотно-гидрогеохимической обстановки на участках распространения криопэгов в г. Якутске // Наука и образование. – 2010. – № 3. – С.15–19.

Поступила в редакцию 24.10.2014

УДК 551.49:556.31

## Динамика мерзлотно-гидрогеологических условий на территории стационара «Туймаада» (г. Якутск)

М.В. Данзанова

*Ввиду неглубокого залегания от дневной поверхности надмерзлотные воды активно реагируют на климатические изменения и различное техногенное вмешательство. Рассмотрены такие факторы, как температура воздуха и особенности рельефа, влияющие на режим и динамику слоя сезонного протаивания грунтов и надмерзлотных вод в слабонарушенных условиях. Проведённый анализ показал, что даже на незначительных по площади участках существуют различия в мощности слоя сезонного протаивания грунтов и температуре пород слоя годовых теплооборотов, а также увеличение минерализации надмерзлотных вод в условиях сохранения водоносного горизонта в зимний период.*

Ключевые слова: сезонноталый слой, надмерзлотные воды, криогенное концентрирование, опреснение, перезимок.

*Suprapermafrost waters actively respond to climate change and various anthropogenic interference due to its shallow bedding to ground surface. The article considers factors such as air temperature and terrain features that affect the mode and dynamics of seasonal thawing of soils and suprapermafrost waters in slightly disturbed conditions. The analysis showed there is a difference in the thickness of a layer of seasonal thawing of the soils and the temperature of the grounds of a layer of annual heatturns within even small area, and increase in salinity of suprapermafrost waters under aquifer maintaining during winter period.*

Key words: seasonally thaw layer, supra-permafrost waters, cryogenic concentration, freshening, perezimok.

### Введение

Надмерзлотные воды играют важную роль в благоустройстве крупнонаселённых пунктов. Ввиду их близкого расположения к поверхности земли, они определяют гидрологические, гидрогеологические, геоморфологические, инженерно-геологические и другие природные условия территорий, влияют на температурное состояние грунтов, а также активность многих криогенных процессов и явлений. Целью настоящих исследований является изучение изменения химического состава надмерзлотных вод на слабонарушенных территориях в зависимости от климатических условий, а также динамики мощности и изменения температурных условий сезонноталого слоя (СТС) в зависимости от особенностей рельефа.

Изучению надмерзлотных вод, формирующихся в слое сезонного промерзания, уделяется чрезвычайно мало внимания, несмотря на то, что они участвуют в увеличении обводнённости грунтов, особенно в начале летнего периода, вызывают развитие опасных криогенных процессов (пучение, термопросадки и т.д.), а при высокой минерализации могут представлять угрозу для нормальной эксплуа-

тации инженерных сооружений. На территории г. Якутска режимные наблюдения за уровнем и химическим составом надмерзлотных вод деятельного слоя проводились сотрудниками Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН в 1993–2001 гг. Этими исследованиями было установлено, что формирование надмерзлотных вод в черте города происходит, как правило, в начале июня [1, 2]. В течение лета наблюдается снижение уровня подземных вод на фоне смещения кровли сезонноталого слоя пород и увеличения мощности обводнённого слоя. Постепенное истощение запасов надмерзлотных вод происходит в течение октября–ноября. Амплитуды колебаний уровня надмерзлотных вод в течение года на разных участках изменяются от 0,1 до 3,3 м [1]. Химический состав надмерзлотных вод в черте г. Якутска весьма разнообразный и зависит от степени и вида техногенной нагрузки [1, 3, 4]. В условиях высокой зарегулированности надмерзлотного стока могут формироваться надмерзлотные криопэги [5–7]. Для прогноза изменения мерзлотно-гидрогеологических и гидрохимических условий под действием того или иного техногенного вмешательства важно знать естественный режим надмерзлотных вод сезонноталого слоя в разных ландшафтных условиях. Изучение надмерзлотных вод невозможно без наблюдений за слоем сезонного протаивания пород и его динамикой в зависимости от изменения климатических характеристик. Такие комплексные мерзлотно-гидрогеологические исследования

---

ДАНЗАНОВА Марина Викторовна – инженер-исследователь Института мерзлотоведения СО РАН, dmv\_1585@mail.ru.

проводятся Институтом мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН в окрестностях г. Якутска на стационаре «Туймаада» с 1998 г.

### Характеристика участка и методика исследований

Стационар расположен на низкой надпойменной террасе р. Лены и примыкает к бровке песчаной серповидной гряды. Территория стационара ровная, абсолютные отметки ее поверхности составляют 98,0–99,0 м. В северо-западной части находится естественная заболоченная ложбина стока с абсолютными отметками поверхности 95,5–96,0 м. В геологическом строении участка принимают участие: почвенно-растительный горизонт до 0,2–0,3 м; от 0,2–0,3 м до 0,6–0,8 м – легкий суглинок (или супесь); от 0,6–0,8 м до 1,6–1,8 м – супесь с прослойками песка или песок с прослойками супеси; далее до 20 м – песок мелко- и среднезернистый. В восточной части стационара произрастает сосново-лиственничный лес. Небольшие участки лесной и кустарниковой растительности присутствуют и в центральной его части (рис.1). Территория стационара ограждена, с юго-западной стороны к ней примыкает грунтовая дорога. В целом территорию стационара можно охарактеризовать как слабонарушенную.

Для изучения мерзлотно-гидрогеологической обстановки и постановки дальнейших исследований на стационаре «Туймаада» в 2008–2009 гг. были пробурены три скважины по профилю на разных элементах рельефа: скважина 1Т на поверхности песчаной гряды у ее

бровки, скважина 2Т в нижней части склона и скважина 3Г в естественной ложбине стока. При бурении скважин 1Т и 2Т глубиной 10 м в июне 2008 г. наличия надмерзлотных вод зафиксировано не было и в дальнейшем эти скважины использовались для изучения геотермического режима пород. В процессе бурения скважин были отобраны пробы для определения засоленности грунтов и ее изменения по разрезу.

При бурении скважины 3Г в ложбине стока в марте 2009 г. в мелкозернистых песках в интервале от 2 до 3 м был вскрыт водоносный слой. Скважина была обсажена и оборудована фильтром в интервале обводненных пород для проведения в дальнейшем режимных гидрогеологических наблюдений. Рядом с ней была пробурена скважина 3Т глубиной 20 м для изучения температурного режима грунтов. Геотермические и гидрогеологические наблюдения проводятся с периодичностью 1 раз в 1–2 месяца.

### Обсуждение результатов

На основании анализа геотермических данных установлено, что в разных ландшафтных условиях глубина сезонного протаивания грунтов и скорость их промерзания–оттаивания неодинаковы. На возвышенном участке мощность сезонного талого слоя составляет 2 м. На склоне в летний период грунты протаивают до глубины 2,5–3,0 м. Более интенсивное их охлаждение и прогревание отмечается на ровной поверхности (рис.2). Температура грунтов на глубине 10 м на этих двух участках в период наблюдений составляла  $-1,9 \dots -2,1^\circ\text{C}$ .

В низине в летние периоды 2009–2010 гг. породы, перекрывающие водоносный слой, протаяли полностью. Зимой сохранение надмерзлотных вод повышенной минерализации с температурой  $-0,5^\circ\text{C}$  препятствовало продвижению вглубь фронта охлаждения, поэтому годовые колебания температуры грунтов ограничивались глубиной 4 м. В зимний период 2010/2011 г. произошло перемерзание водоносного слоя, после чего температура пород в интервале 2,0–3,0 м понизилась до  $-1,0 \dots -1,2^\circ\text{C}$ . В последующем на этом участке

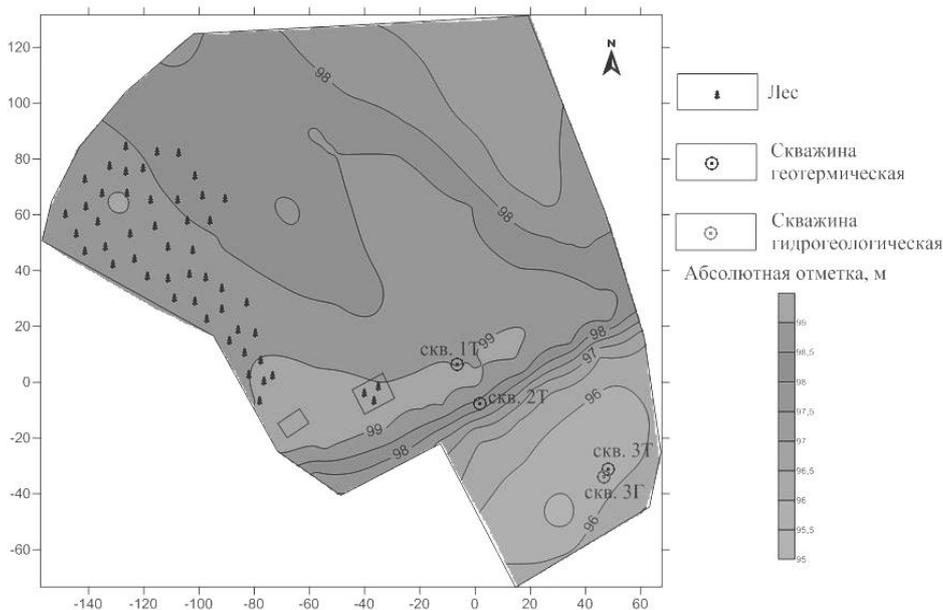


Рис. 1. План стационара «Туймаада»

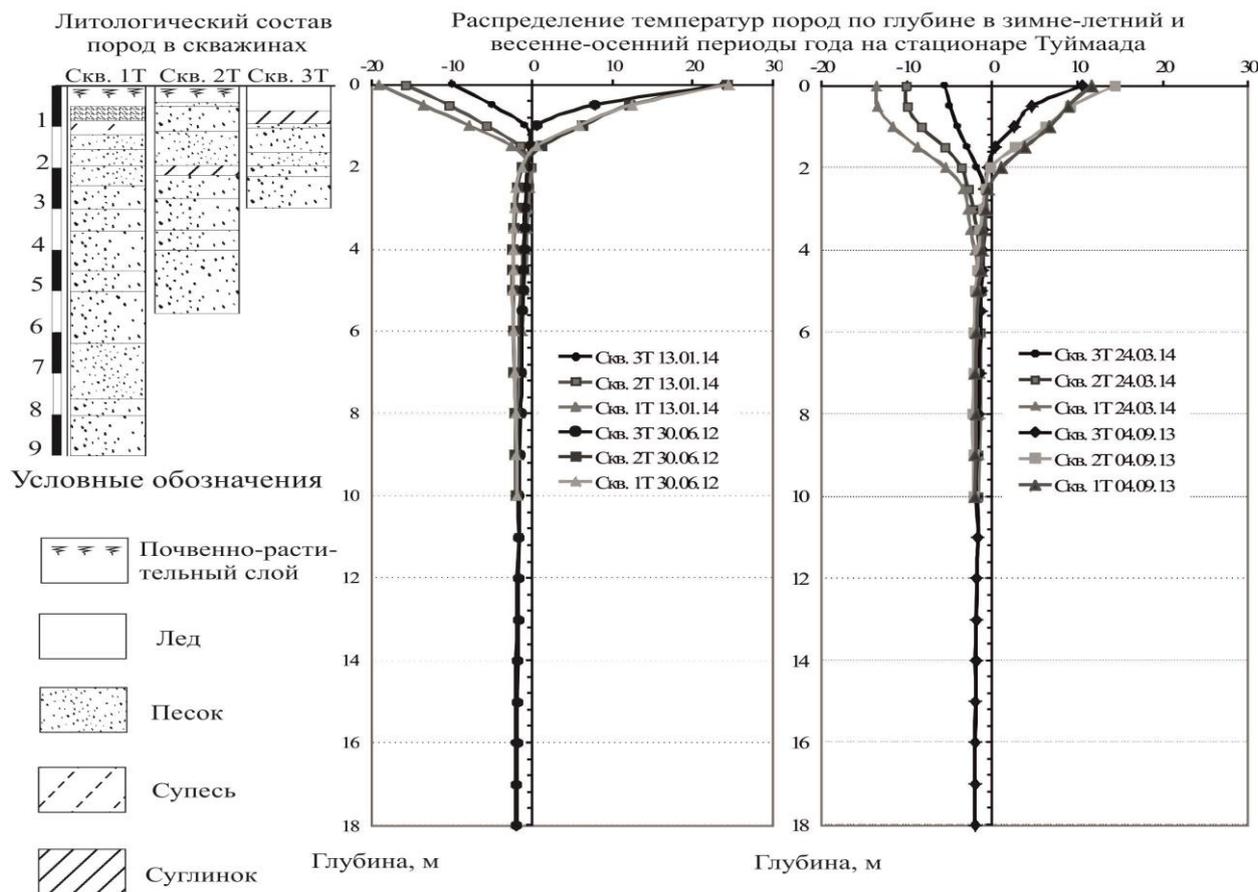


Рис. 2. Изменение температуры грунтов на разных элементах рельефа: скв. 1Т – поверхность гряды, скв. 2Т – на ее склоне, скв. 3Т – в ложбине стока

мощность сезонноталого слоя не превышала 1,7–2,0 м. На глубине 10 м температура грунтов на протяжении всего периода наблюдений составляла  $-1,5 \dots -1,7^{\circ}\text{C}$ .

С особенностями теплового режима грунтов, изменением глубины их сезонного промерзания и протаивания связано своеобразие перераспределения растворимых солей по разрезу. На повышенном участке наибольшая засоленность (до 0,05–0,07%) супесчаных отложений прослеживается до глубины 1,0–1,5 м, а на склоне – до 4,0–4,5 м, что соответствует мощности слоя сезонного протаивания грунтов. В подстилающих многолетнемерзлых песках концентрация растворимых солей изменяется от 0,01 до 0,03%.

При изучении перераспределения солей по элементам рельефа было отмечено, что грунты на поверхности песчаной гряды менее всего засолены. Это обусловлено хорошей дренированностью отложений, обеспечивающей вынос растворимых веществ надмерзлотным стоком. Накопление солей происходит в низине, где их концентрация в супесчано-суглинистых отло-

жениях слоя сезонного протаивания составляет 0,05–0,15% (рис.3). Повышенная засоленность грунтов в ложбине стока, а также их высокая обводненность в 2006 и 2007 гг., вызванная большим количеством атмосферных осадков (263 и 215 мм соответственно), по-видимому, и определили формирование на подошве слоя сезонного протаивания надмерзлотных вод хлоридного натриево-магниевого состава с минерализацией 10 г/л.

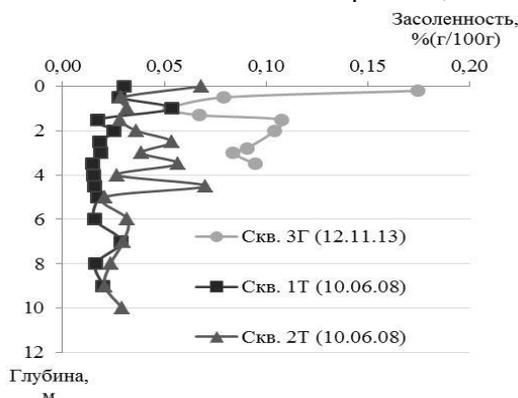


Рис. 3. Изменение засоленности грунтов по разрезу в разных ландшафтных условиях

Как показали результаты дальнейших исследований, водоносный слой в ложбине стока сохранялся круглогодично до 2011 г. Мощность обводненных пород была максимальной в осенний период, когда она составляла 1,6–2,1 м, и сокращалась в процессе зимнего промерзания пород до 1,0 м. Соответственно в течение года наблюдалось и снижение глубины залегания уровня подземных вод от 0,7 до 2,0 м. Истощение запасов надмерзлотных вод СТС происходило за счет миграции влаги к фронту промерзания.

Этот процесс восходящего переноса влаги в зимний период является ведущим в формировании режима надмерзлотных вод сезонноталого слоя и грунтовых вод в небольших таликах [1]. При достижении границы сезонного промерзания кровли водоносного слоя, которое на участке скважины 3Г происходило в марте–апреле, наблюдалось незначительное повышение уровня подземных вод. Криогенный гидростатический напор составлял 0,3 м. В это время отмечалась максимальная минерализация надмерзлотных вод – 10–14 г/л. Повышение ее зимой связано с криогенным концентрированием солей в подземных водах, промерзающих в гидравлически замкнутой системе. О криогенном метаморфизме надмерзлотных вод свидетельствует преобладание в их составе хлоридов натрия и магния, достигающее 83% от суммы всех солей. Содержание химических веществ в надмерзлотных грунтовых водах уменьшалось до 6–8 г/л в осенний период после протаивания пород сезонномерзлого слоя и смешивания с инфильтрующимися атмосферными осадками. Концентрация хлоридов натрия и магния при этом уменьшалась до 68%, на содержание сульфатов магния и гидрокарбонатов кальция приходилось по 15%.

В зимний период 2011/2012 г. произошло промерзание водоносного перезимка. Этому способствовали климатические условия двух предыдущих лет: небольшое количество атмосферных осадков (112 мм в 2010 г. и 133 мм в

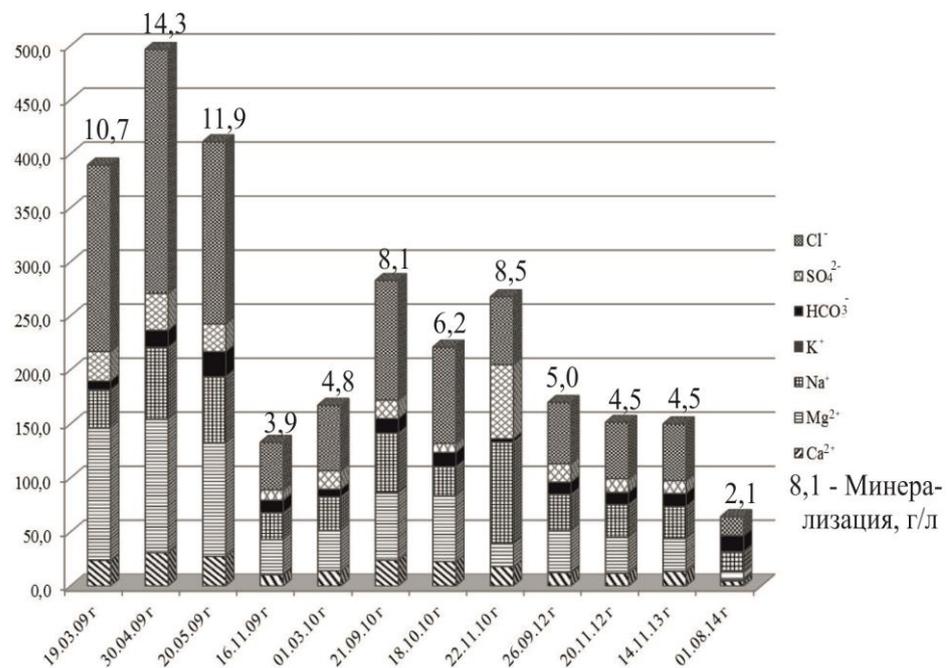


Рис. 4. Изменение химического состава надмерзлотных вод в ложбине стока (по скв. 3Г)

2011 г.) и относительно низкие температуры воздуха зимой. В дальнейшем надмерзлотные воды сезонноталого слоя в скважине 3Г стали появляться лишь в конце августа, после того как глубина протаивания грунтов достигала 2,0 м. В начале осени уровень надмерзлотных вод СТС залегал на глубине 0,4–0,9 м, а мощность водоносного слоя равнялась 1,8–2,6 м. В течение октября–ноября наблюдалось постепенное увеличение глубины залегания уровня надмерзлотных вод и сокращение их мощности. К началу декабря происходило смыкание сезонноталого слоя с кровлей новообразованных мерзлых пород.

По данным химических анализов, с 2011 по 2014 г. прослеживалось постепенное уменьшение минерализации надмерзлотных вод, формирующихся в сезонноталом слое, по всей вероятности, связанное с криогенным их опреснением. Как известно, после полного промерзания водоносного слоя и выпадения в осадок ряда солей, при последующем оттаивании пород не все соли переходят в жидкую фазу [3]. В первую очередь возвращаются в раствор хорошо растворимые хлориды и частично сульфаты. Именно этот процесс наблюдался на участке скважины 3Г. Несмотря на снижение минерализации надмерзлотных вод СТС до 4–2 г/л, в их солевом составе оставались преобладающими хлориды магния и натрия, концентрация которых в сумме составляла 53–68% (рис. 4). Содержание сульфатов магния и кальция изменялось в пределах 16–20%, на гидрокарбонаты кальция приходилось 13–16%.

### Заключение

Анализ результатов геотермических наблюдений показал, что даже на небольшом по площади участке имеются особенности в формировании мощности слоя сезонного протаивания и распределении температуры грунтов в слое годовых теплооборотов в зависимости от микрорельефа. В период наблюдений на поверхности песчаной гряды и ее склоне существенных изменений мощности слоя сезонного протаивания и его температуры не отмечалось. В ложбине стока существовал динамичный слой сезонного протаивания–промерзания грунтов. Изменчивость его мощности обусловлена климатическими особенностями: экстремальная величина глубины протаивания пород и формирование водоносного перезимка согласуются с увеличением атмосферных осадков в предыдущий период. Сокращение мощности СТС и промерзание перезимка происходит в сухие годы.

В условиях, способствующих сохранению водоносного слоя зимой, в процессе сезонного промерзания пород отмечается увеличение концентрации солей в надмерзлотных водах в 2,5–3,5 раза по сравнению с осенним периодом за счет хлоридов магния и натрия. После смыкания деятельного слоя с многолетнемерзлыми породами и последующего оттаивания мерзлых пород наблюдалось постепенное уменьшение минерализации надмерзлотных вод, формирующихся в сезонноталом слое. Тем не менее в солевом составе надмерзлотных вод доминировали хорошо растворимые хлориды натрия и магния.

При освоении подобных территорий необходимо учитывать выявленные особенности изменения мощности слоя сезонного протаивания пород и вероятность формирования на его подошве перезимка с надмерзлотными водами повышенной минерализации. Благодаря

высокой солености такие надмерзлотные воды могут сохраняться в жидкой фазе и при отрицательной температуре, а со временем могут перейти в разряд постоянно существующих над- и межмерзлотных криопэггов.

Сравнительный анализ материалов мерзлотно-гидрогеохимических исследований, проведенных на площадках, подверженных в разной степени техногенному воздействию, в дальнейшем позволит выработать рациональные методы борьбы с загрязнением природной среды и контролировать ее изменения.

### Литература

1. Шепелев В.В. Надмерзлотные воды криолитозоны. – Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2011. – 169 с.
2. Шепелев В.В., Санникова А.В. Особенности нарушенного режима надмерзлотных вод деятельного слоя // Мониторинг подземных вод криолитозоны / Отв. ред. В.Т. Балобаев, В.В. Шепелев. – Якутск: Изд-во ИМЗ СО РАН, 2002. – С. 60–66.
3. Анисимова Н.П. Криогидрогеохимические особенности мерзлой зоны. – Новосибирск: Наука, 1981. – 153 с.
4. Анисимова Н.П. Режимные исследования надмерзлотных таликов в окрестностях Якутска // Криолитозона и подземные воды Сибири. Ч.2. – Якутск: Изд-во ИМЗ СО РАН, 1996. – С.3–16.
5. Анисимова Н.П., Павлова Н.А. Особенности формирования криопэггов в слое годовых теплооборотов на территории Якутска // Криосфера Земли. – 2002. – Т. 4. – С. 63–69.
6. Павлова Н.А. Динамика мерзлотно-гидрогеохимической обстановки на участках распространения криопэггов в г. Якутске // Наука и образование. – 2010. – №3. – С. 15–19
7. Павлова Н.А., Данзанова М.В. К вопросу о решении проблемы обводнения застраиваемой территории города Якутска // Наука и образование. – 2013. – №3. – С. 101–105.

*Поступила в редакцию 14.11.2014*

---

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ. ЭКОЛОГИЯ

---

УДК 551.583.7:556.54(282.256.6)

### Перспективы дендрохронологических исследований палеоклимата в районе дельты р. Лены

Д.В. Овчинников, А.Н. Николаев, А.В. Кирдянов, У. Бюнтген,  
Л. Хеллманн, В.Тегель, А.И. Колмогоров, Д.А. Машуков

*Одним из способов реконструкции палеоклимата являются дендрохронологические измерения. На сегодняшний день существует лишь несколько регионов, для которых стало возможным построение древесно-кольцевых хронологий, чувствительных к климатическим изменениям и охватывающих период длительностью более тысячи лет. Явные пробелы в глобальном распределении длительных региональных хронологий заставляют ученых искать возможности для построения новых временных серий и повышения качества реконструкции климата прошлого на основе годовых колец деревьев. Представлена оценка потенциала проведения дендроклиматических исследований в районе дельты р. Лены. На основе материалов экспедиционных работ 2013–2014 гг. обсуждается возможность построения длительной хронологии для севера Якутии, которая может стать ключевой для палеоклиматических реконструкций на региональном и глобальном уровнях. Рассматривается перспективность использования плавника как палеоклиматического архива для всей циркумполярной области Северного полушария. Предлагаются к рассмотрению несколько исследовательских направлений и задач в уникальном по своему потенциалу регионе – дельте р. Лены.*

Ключевые слова: дендрохронология, Восточная Сибирь, дельта Лены, арктический плавник, палеоклиматология, палеоклиматический архив, погребенная древесина.

*One of the ways of reconstruction of a palaeoclimate are dendrochronological measurements. Today, there are only a few regions where construction of millennium-long sensitive to climate tree ring chronologies is possible. Gaps in global distribution of long regional chronologies make scientists search for possibilities to build new time-series and increase of quality of past climate reconstructions based on tree-rings. Here we present the prospects for dendroclimatic research in the Lena River Delta. Based on the materials of expeditions accomplished in 2013-2014 we discuss the possibilities to construct a new millennia-long chronology for the northern regions of Yakutia, that could become the key chronology for paleoclimatic reconstructions in both regional and global scale. The prospects to use the driftwood as a paleoclimatic archive for the whole circumpolar area of the Northern Hemisphere are discussed. Some new scientific directions and tasks for the unique region, the Lena River Delta are proposed to consider.*

Key words: Arctic driftwood, dendroclimatology, Eastern Siberia, high-resolution palaeoclimatology, proxy archives, subfossil wood.

---

ОВЧИННИКОВ Дмитрий Викторович – к.б.н., с.н.с. Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, dovch@mail.ru; НИКОЛАЕВ Анатолий Николаевич – д.б.н., директор Института естественных наук Северо-Восточного федерального университета, Институт мерзлотоведения СО РАН, 8(964)418-06-25; КИРДЯНОВ Александр Викторович – к.б.н., с.н.с. Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Сибирский федеральный университет, Красноярск, kirdyanov@ksc.krasn.ru; БЮНТГЕН Ульф – Swiss Federal Research Institute WSL, Switzerland Oeschger Centre for Climate Change Research (OCCR), Switzerland Global Change Research Centre AS CR, Czech Republic; ХЕЛЛМАНН Лена – Swiss Federal Research Institute WSL, Switzerland; ТЕГЕЛЬ Вилли – Freiburg University, Germany; КОЛМОГОРОВ Алексей Иванович – аспирант Института естественных наук Северо-Восточного федерального университета, kilatroon@mail.ru; МАШУКОВ Дмитрий Александрович – аспирант Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН.

Арктика является одним из самых чувствительных к изменению климата регионов планеты, где реакция экосистем на любые воздействия отчетливо проявляется в различных пространственно-временных масштабах. В литературе наиболее активно обсуждается увеличение температуры земной поверхности в высоких широтах Северного полушария примерно на 0,9 °С в течение двадцатого века (АСИА, 2005) на фоне значительного уменьшения площади приполярного морского ледяного покрова и глубины вечной мерзлоты [1–3].

Окружающая среда Арктики весьма чувствительна даже к незначительным климатическим изменениям. Однако исследование современных изменений окружающей среды в высоких широтах Северного полушария в долгосрочном контексте осложняется слишком короткими метеорологическими наблюдениями и слишком малым количеством палеоклиматических архивов. В этой связи наличие плавника и погребенной древесины представляет собой уникальный междисциплинарный архив на стыке морских и земных экосистем и процессов. Применительно к нашему району исследований дельта р. Лены представляет собой идеальный полигон, так как здесь в хронологической последовательности накапливается значительная часть древесины, дрейфующей в результате паводков или иных причин в сторону Северного Ледовитого океана. В конечном итоге, основываясь именно на данных по распределению дрейфующей древесины, возможно восстановить пространственно-временные изменения океанических течений в циркумполярной области Северного полушария и более точно оценить послеледниковые темпы изменения арктических экосистем.

Бассейн р. Лены по площади составляет 2,488 млн. км<sup>2</sup>, что сопоставимо с размерами Центральной Европы, и является одним из крупнейших водосборов Земли [4–6]. Длина реки достигает более 4500 км, а ее исток расположен в Байкальском хребте на высоте примерно 1600 м над уровнем моря (58° N и 108° в.д.). Лена пересекает зоны бореальных лесов, тайги и тундры, формируя затем гигантскую систему дельты примерно между 72°с.ш. и 74°с.ш. [7], являющуюся величайшей в мире. Летом скорость потока в нижнем течении Лены составляет 2–2,5 м/с. В дополнение к колоссальному количеству пресной воды (порядка 588 км<sup>3</sup>) и беспрецедентному количеству растворенного органического углерода (DOC; 5700×109 г), доставляемому в море Лаптевых ежегодно [5], обширный водораздел р. Лены (примерно 2,5×106 км<sup>2</sup> и около 14% от панарктического водораздела) является обильным источником арктического плавника древесины [8, 9].

Общий объем плавника, видовой состав деревьев, сложные транспортные механизмы и эрозионные процессы, связанные с его накоплением, мало изучены. Дельта р. Лены площадью более 30 тыс. км<sup>2</sup> состоит из более чем 1500 островов средней высотой 0–10 м над уровнем моря и представляет собой уникальный аккумулярующий резервуар для деревьев бореальной зоны, располагаясь за северной границей распространения лесной растительности. Сложный комплекс современной, мертвой и погребенной древесины, начиная от небольших фрагментов до крупных деревьев, был сформирован путем естественного захоронения в результате водной транспортировки.

Неоднородный состав плавника в первой пойменной террасе дельты р. Лены, по-видимому, охватывает большую часть голоцена [10], в течение которого низкие годовые темпы органической продуктивности, связанные с общими медленными биохимическими циклами и процессами, формировали весьма умеренные слои осадка из органического детрита. Протяженные береговые линии и активная эрозия склонов способствуют формированию естественных захоронений древесины в пойменной зоне реки, при этом качество материала весьма высокое (рис. 1, 2).

Данные условия преимущественно зависят сейчас и будут зависеть в будущем от увеличения стока рек и оттаивания вечной мерзлоты [5, 11], а также уменьшения площади морского льда [12] – процессов, являющихся серьезным



**Рис. 1.** Фотография скопления плавника разного возраста, обрывистый берег о. Самойловский. Самое толстое бревно выпирает из обнажения, сверху мощный слой торфяных отложений, пронизанный мерзлотой, которая активно тает. Примерный возраст дерева – средний голоцен. Рядом можно наблюдать современную древесину, принесенную паводками (Фото Д.В. Овчинникова, 2014 г.)



**Рис. 2.** Фотография ствола лиственницы, находящейся в центральной части о. Самойловский на верхней террасе. Дерево явно принесено паводком с верховьев р. Лены, оно хорошо сохранилось, хотя на три четверти покрыто моховым и травяным покровом (Фото Д.В. Овчинникова, 2014 г.)

следствием прогнозируемого изменения климата [13]. Следовательно, возможность использовать этот материал для палеоклиматических исследований является своевременной как никогда прежде, особенно для северных широт в Восточной Сибири, где надежные записи о климате прошлого достаточно скудны [14, 15]. Всего несколько реконструкций летней температуры, основанные на годичных кольцах деревьев, были построены до настоящего времени для Центральной и Восточной Сибири [16–18]. Особый акцент следует сделать на абсолютной датированных панарктических архивах годичного разрешения, которые могут непрерывно охватывать последнее тысячелетие и распространяться дальше вглубь времен.

Абсолютно датированные древесно-кольцевые хронологии по ширине годичных колец с высоким (погодичным) разрешением могут обеспечить уникальные возможности для восстановления прошлых климатических условий [19]. Сочетание живых деревьев и реликтового материала позволяет строить непрерывные хронологии, длительность которых изменяется от нескольких веков до тысячелетий [20], и которые, в конечном счете, представляют собой важные палеоэкологические архивы [13]. Арктический плавник, происходящий исключительно из приполярной зоны бореальных лесов, переносимый океаническими течениями и накапливаемый на мелководных побережьях, является уникальным благодаря его пространственному перемещению и способности хорошо сохраняться в течение большей части голоцена [8]. Поэтому принесенная речным стоком древесина является важным палеоархивом на стыке исследова-

ования морских и земных экосистем и процессов.

Плавник может содержать информацию об экологических условиях, которые были во время жизни деревьев, а также отражать изменения в условиях лесопользования [21]. Современные изменения скорости речного стока, динамику океанических течений и количество послеледниковых потеплений, возможно, оценить, если исследовать большие массивы плавника. Абсолютный возраст и точное происхождение каждого образца древесины, возможно, определить посредством применения традиционных дендрохронологических и анатомических методов.

Циркумполярные исследования на территории севернее 60 ° параллели, которая включает в себя Гренландию, Исландию и Аляску, а также часть Канады, вместе с массивной базой данных Евразийских бореальных лесов, идеально группируются под междисциплинарной эгидой PAGES ([www.pagesgbp.org/workinggroups/arctic2k/](http://www.pagesgbp.org/workinggroups/arctic2k/)). Кроме того, появление нескольких доступных изотопных и генетических технологий в настоящее время открывает уникальную возможность не только для описания палеоклиматических факторов, но также для установления возраста и происхождения этих древних архивов.

В 2013–2014 гг. в дельте р. Лены были инициированы обширные исследования плавника с активным применением дендрохронологических методов и подходов. Предварительный анализ показал, что качество и количество материала (т.е. содержание древесины, а также число годичных колец и образцов разных видов деревьев) из погребенных и часто обледенелых субфоссильных останков различаются. Весь плавник принесен из районов постоянного и прерывистого распространения вечной мерзлоты в Якутии в зоне бореальных лесов, либо с участков по самой р. Лене или из лесных массивов вблизи основных притоков рек Витим, Олекма, Алдан и Вилюй. Поэтому значительная часть материала потенциально должна быть весьма чувствительна к перепадам температур [22].

Предварительная основа подобного рода ожиданий сформирована ранее. Например, межгодовые и вековые вариации годичного роста отражают изменения летней температуры, которые происходят во время достаточно короткого вегетационного периода в течение июня–августа [23, 24], когда метаболизм фотосинтеза продлевает дневное время на «ночь». Плавник из Якутии в основном включает в себя медленно растущие лиственницы (*Larix spp.*), которые характеризуются малыми диаметрами стволов, узкими годичными кольцами и наличием корне-

вой шейки. Процент найденной древесины относительно низкий по сравнению с другими реками Центральной Сибири, например, с Енисеем [9], где сплавляют больше деревьев, и, таким образом, древесине легче попасть в Северный Ледовитый океан. Кроме того, р. Енисей не образует блокирующую дельту. Следует отметить, что в пределах водораздела Лены плотность населения составляет всего 0,4 человека/км<sup>2</sup>, тогда как в бассейне Енисея – 3,0 человека/км<sup>2</sup> [5]. На основе материалов, полученных в ходе швейцарско-германо-русской экспедиции на Лене, в том числе первичного обследования образцов, были определены приоритеты одиннадцати взаимосвязанных исследовательских направлений: 1 – построить длительные древесно-кольцевые хронологии по ширине годичных колец по живым, мертвым и погребенным деревьям, охватывающие прошлое тысячелетие с высокой репликацией образцов; 2 – использовать абсолютно датированные и годичного разрешения архивы, дополнив несколькими их радиоуглеродными датировками, чтобы проследить возможные даты наводнений и происхождение арктического плавника; 3 – изучить отклик роста деревьев на изменение климатических факторов путем калибровки с инструментальными измерениями; 4 – выполнить измерения анатомии, плотности, изотопного состава и химии древесины, а также древней ДНК или других характеристик для выбранной совокупности годичных колец; 5 – реконструировать долгосрочные изменения летней температуры и частоту лесных пожаров, являющуюся основным нарушающим и главным регулирующим фактором в бореальной зоне; 6 – оценить основанную на дендрохронологии историю климата высокого разрешения в сравнении с независимыми архивами с низким разрешением в течение голоцена и с арктическими архивами посредством мультипараметрических подходов; 7 – использовать исторические дендрохронологические даты, чтобы уточнить даты формирования слоев осадка и датировку торфяников, расширить знания о временной динамике арктических речных процессов; 8 – оценить потенциальный вклад плавника в терригенные потоки органического вещества из земных экосистем в морские и рассчитать соответствующие уточнения циклов углерода и бюджетов в региональных и глобальных биогеохимических оценочных моделях типа «источник–резервуар»; 9 – усилить междисциплинарный импульс на стыке исследования приполярных наземных, водных и морских экосистем; 10 – координировать и более эффективно обмениваться научно-исследовательскими данными и инфраструктурой, направленными в сторону прямой научной вза-

имосвязи и качественного успеха по привлечению средств [6]; 11 – осознать палеоклиматический потенциал других, гораздо меньших панарктических дельтовых речных систем, таких как канадская р. Маккензи и р. Яна в Восточной Якутии, согласно пунктам 1–10. В данной публикации освещены вопросы, кажущиеся особенно важными вследствие географического разрыва в современных палеоклиматических исследованиях: для Северного полушария и глобальных реконструкций температуры можно получить дополнительную информацию из новых палеоклиматических записей, которые характеризуют Северо-Восточную Сибирь в позднем голоцене. В свою очередь, по создаваемой древесно-кольцевой хронологии планируется проследить действительное происхождение арктического плавника.

Таким образом, район исследования – дельта р. Лены и ее бассейн – обладает всеми необходимыми уникальными признаками и потенциальными ресурсами для решения сформулированных в рамках данной публикации проблем. Основной акцент сфокусирован на древесине (плавник) как достоверном косвенном источнике информации о динамике различных природных процессов в течение всего голоцена. Предварительные итоги исследований в субарктических регионах Западного и Восточного полушарий, отраженные в ряде зарубежных публикаций, упомянутых ранее, свидетельствуют о значительном потенциале и перспективах междисциплинарных исследований.

*Исследование выполнено в рамках проекта РНФ 14–14–00295 (анализ материала и экспедиции 2014 г.). Экспедиционные работы и экспресс-анализ материала в 2013 г. проведены при поддержке грантов РФФИ – 12–04–00542, 13–05–00620 и 12–06–98504-р восток\_а, Интеграционного проекта СО РАН №34 и проекта Президиума РАН №23.6, проектной части НИР ГЗ МОН РФ (задание №5.184.2014/К). Работы также были поддержаны Северо-Восточным федеральным университетом им. М.К. Аммосова в рамках выполнения проекта 1.3 Программы развития СВФУ.*

#### Литература

1. Израэль Ю.А., Павлов А.В., Анохин Ю.А. Анализ современных и ожидаемых в будущем изменений климата и криолитозоны в северных регионах России // Метеорология и гидрология. – 1999. – № 1. – С. 18–26.
2. Анисимов О.А., Белолуцкая М.А. Влияние изменения климата на вечную мерзлоту: прогноз и оценка неопределенности // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем / Под ред. Ю.А. Израэль. – СПб.: Гидрометеиздат, 2003. – С.21–38.

3. Балобаев В.Т., Гаврилова М.К., Скачков Ю.Б. и др. Обзор состояния и тенденций изменения климата Якутии: препринт. – Якутск: ЯФ Изд-ва СО РАН, 2003. – 64 с.
4. Аржакова С.К. Зимний сток рек криолитозоны России: монография. – СПб.: РГГМУ, 2001. – 209 с.
5. Holmes R.M., McClelland J.W., Peterson B.J. et al. (2012). Seasonal and annual fluxes of nutrients and organic matter from large rivers to the Arctic Ocean and surrounding seas. *Estuaries and Coasts* 35: 369–382.
6. Hubberten H-W., Wagner D., Pfeiffer E-M. et al. (2003). The Russian-German research station Samoylov, Lena Delta – A key site for polar research in the Siberian Arctic. *Polarforschung* 73: 111–116.
7. Walker H.J. (1998). Arctic deltas. *Journal of Coastal Research* 14:719–738.
8. Funder S., Gosse H., Jepsen H. et al. (2011). A 10,000-year record of Arctic Ocean sea-ice variability – View from the beach. *Science* 333: 747–750.
9. Hellmann L., Tegel W., Eggertsson Ó. et al. (2013). Tracing the origin of Arctic driftwood. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* 118: 68–76.
10. Schirmermeister L., Grosse G., Schnelle M. et al. (2011). Late Quaternary paleoenvironmental records from the western Lena 630 The Holocene 24(5).
11. Peterson B.J., Holmes R.M., McClelland J.W. et al. (2002). Increasing river discharge to the Arctic Ocean. *Science* 298: 2171–2173.
12. Kinnard C., Zdanowicz C.M., Fisher D.A. et al. (2011). Reconstructed changes in Arctic sea ice over the past 1450 years. *Nature* 479: 509–512.
13. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge; New York: Cambridge University Press.
14. Kaufman D.S., Schneider D.P. and McKay N.P. (2009). Recent warming reverses long-term Arctic cooling. *Science* 325: 1236–1239.
15. Past Global Changes (PAGES) 2k Consortium (2013). Continental-scale temperature variability during the past two millennia. *Nature Geoscience* 6: 339–346.
16. Овчинников Д.В., Панюшкина И.П., Адаменко М.Ф. Тысячелетняя древесно-кольцевая хронология лиственницы Горного Алтая и ее использование для реконструкции летних температур // География и природные ресурсы. – 2002. – № 1. – С. 102–108.
17. Наурызбаев М.М., Ваганов Е.А., Сидорова О.В. Изменчивость приземной температуры воздуха на севере Евразии по данным тысячелетних древесно-кольцевых хронологий // Криосфера Земли. – 2003. – Т. VII, №2. – С. 84–91.
18. Сидорова О.В., Наурызбаев М.М. Реконструкция температуры воздуха за последние 2000 лет по данным годовичных колец лиственницы востока Таймыра и северо-востока Якутии // Сибирский экологический журнал. – 2005. – №1. – С. 51–60.
19. Esper J., Cook E.R., Schweingruber F.H. (2002). Low-Frequency Signals in Long Tree-Ring Chronologies for Reconstructing Past Temperature Variability. *Science* 22: 2250–2253.
20. Büntgen U., Raible C., Frank D. et al. (2011). Causes and consequences of past and projected Scandinavian summer temperatures, 500–2100 AD, PLOS ONE, 6 (9), e25133. Doi:10.1371/journal.
21. Johansen S. (1998). The origin and age of driftwood on Jan Mayen. *Polar Research* 17 (2): 125–146.
22. Esper J., Frank D., Büntgen U. et al. (2010). Trends and uncertainties in Siberian indicators of 20<sup>th</sup> century warming. *Global Change Biology* 16: 386–398.
23. Kirilyanov A., Hughes M., Vaganov E. et al. (2003). The importance of early summer temperature and date of snow melt for tree growth in the Siberian Subarctic. *Trees* 17: 61–69.
24. Николаев А.Н., Исаев А.П., Федоров П.П. Радиальный прирост лиственницы и сосны в Центральной Якутии в связи с изменением климата за последние 120 лет // Экология. – 2011. – № 4. – С. 243–250.

Поступила в редакцию 17.11.2014

УДК 574.42+630·161

## Динамика флористического состава и растительности в пораженных сибирским шелкопрядом лиственничных лесах Лено-Амгинского междуречья (Центральная Якутия)

И.И. Чикидов, П.А. Тимофеев

*Мониторинг восстановления растительности в лесах, пораженных сибирским шелкопрядом, является актуальной экологической и лесоводческой задачей. Установлено, что начальный этап восста-*

ЧИКИДОВ Иван Иванович – к.б.н., с.н.с. Института биологических проблем криолитозоны СО РАН, Институт естественных наук Северо-Восточного федерального университета, chikidov@rambler.ru; ТИМОФЕЕВ Петр Алексеевич – к.б.н., проф. Института естественных наук Северо-Восточного федерального университета, timpa@inbox.ru.

3. Балобаев В.Т., Гаврилова М.К., Скачков Ю.Б. и др. Обзор состояния и тенденций изменения климата Якутии: препринт. – Якутск: ЯФ Изд-ва СО РАН, 2003. – 64 с.
4. Аржакова С.К. Зимний сток рек криолитозоны России: монография. – СПб.: РГГМУ, 2001. – 209 с.
5. Holmes R.M., McClelland J.W., Peterson B.J. et al. (2012). Seasonal and annual fluxes of nutrients and organic matter from large rivers to the Arctic Ocean and surrounding seas. *Estuaries and Coasts* 35: 369–382.
6. Hubberten H.W., Wagner D., Pfeiffer E.M. et al. (2003). The Russian-German research station Samoylov, Lena Delta – A key site for polar research in the Siberian Arctic. *Polarforschung* 73: 111–116.
7. Walker H.J. (1998). Arctic deltas. *Journal of Coastal Research* 14:719–738.
8. Funder S., Gosse H., Jepsen H. et al. (2011). A 10,000-year record of Arctic Ocean sea-ice variability – View from the beach. *Science* 333: 747–750.
9. Hellmann L., Tegel W., Eggertsson Ó. et al. (2013). Tracing the origin of Arctic driftwood. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* 118: 68–76.
10. Schirmermeister L., Grosse G., Schnelle M. et al. (2011). Late Quaternary paleoenvironmental records from the western Lena 630 The Holocene 24(5).
11. Peterson B.J., Holmes R.M., McClelland J.W. et al. (2002). Increasing river discharge to the Arctic Ocean. *Science* 298: 2171–2173.
12. Kinnard C., Zdanowicz C.M., Fisher D.A. et al. (2011). Reconstructed changes in Arctic sea ice over the past 1450 years. *Nature* 479: 509–512.
13. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge; New York: Cambridge University Press.
14. Kaufman D.S., Schneider D.P. and McKay N.P. (2009). Recent warming reverses long-term Arctic cooling. *Science* 325: 1236–1239.
15. Past Global Changes (PAGES) 2k Consortium (2013). Continental-scale temperature variability during the past two millennia. *Nature Geoscience* 6: 339–346.
16. Овчинников Д.В., Панюшкина И.П., Адаменко М.Ф. Тысячелетняя древесно-кольцевая хронология лиственницы Горного Алтая и ее использование для реконструкции летних температур // География и природные ресурсы. – 2002. – № 1. – С. 102–108.
17. Наурызбаев М.М., Ваганов Е.А., Сидорова О.В. Изменчивость приземной температуры воздуха на севере Евразии по данным тысячелетних древесно-кольцевых хронологий // Криосфера Земли. – 2003. – Т. VII, №2. – С. 84–91.
18. Сидорова О.В., Наурызбаев М.М. Реконструкция температуры воздуха за последние 2000 лет по данным годовичных колец лиственницы востока Таймыра и северо-востока Якутии // Сибирский экологический журнал. – 2005. – №1. – С. 51–60.
19. Esper J., Cook E.R., Schweingruber F.H. (2002). Low-Frequency Signals in Long Tree-Ring Chronologies for Reconstructing Past Temperature Variability. *Science* 22: 2250–2253.
20. Büntgen U., Raible C., Frank D. et al. (2011). Causes and consequences of past and projected Scandinavian summer temperatures, 500–2100 AD, PLOS ONE, 6 (9), e25133. Doi:10.1371/journal.
21. Johansen S. (1998). The origin and age of driftwood on Jan Mayen. *Polar Research* 17 (2): 125–146.
22. Esper J., Frank D., Büntgen U. et al. (2010). Trends and uncertainties in Siberian indicators of 20<sup>th</sup> century warming. *Global Change Biology* 16: 386–398.
23. Kirilyanov A., Hughes M., Vaganov E. et al. (2003). The importance of early summer temperature and date of snow melt for tree growth in the Siberian Subarctic. *Trees* 17: 61–69.
24. Николаев А.Н., Исаев А.П., Федоров П.П. Радиальный прирост лиственницы и сосны в Центральной Якутии в связи с изменением климата за последние 120 лет // Экология. – 2011. – № 4. – С. 243–250.

Поступила в редакцию 17.11.2014

УДК 574.42+630·161

## Динамика флористического состава и растительности в пораженных сибирским шелкопрядом лиственничных лесах Лено-Амгинского междуречья (Центральная Якутия)

И.И. Чикидов, П.А. Тимофеев

*Мониторинг восстановления растительности в лесах, пораженных сибирским шелкопрядом, является актуальной экологической и лесоводческой задачей. Установлено, что начальный этап восста-*

ЧИКИДОВ Иван Иванович – к.б.н., с.н.с. Института биологических проблем криолитозоны СО РАН, Институт естественных наук Северо-Восточного федерального университета, chikidov@rambler.ru; ТИМОФЕЕВ Петр Алексеевич – к.б.н., проф. Института естественных наук Северо-Восточного федерального университета, timpa@inbox.ru.

новления растительного покрова в шелкопрядах брусничных лиственничников Лено-Амгинского междуречья идет по пути образования открытого растительного сообщества с активным внедрением луговых видов и деградацией лесных видов. Нарастание проективного покрытия видов травяно-кустарничкового яруса в первые годы развития происходит медленнее, что объясняется влиянием сохранных после гибели древостоя видов подчиненных ярусов растительности. Начиная со стадии березово-лиственничного молодняка, восстановительная динамика растительности шелкопряда идет так же, как на вырубках и гарях лиственничных лесов.

Ключевые слова: сибирский шелкопряд, лиственничные леса, вспышка массового размножения, восстановление леса.

*Monitoring of vegetation restitution in the woods struck with the Siberian silkworm is an actual ecological and forestry task. It is established that the initial stage of regeneration in affected by *Dendrolimus superans sibiricus* Tschetv. Cranberry larch forests of Lena-Amga interfluve goes by the open plant community direction with the active introduction of meadow species and degradation of forest species. Increase in covering of grassy vegetation species in the first years of development goes slower, because of the influence of remained alive forest lower layer vegetation after disturbance. Recovering dynamics of vegetation in disturbed by *Dendrolimus superans sibiricus* Tschetv., begin from the birch and larch young forest, it is the same as in clear cut and burnt areas of larch forests.*

Key words: *Dendrolimus superans sibiricus*, larch forests, outbreak of mass reproduction, forest regeneration.

Лиственничные леса Центральной Якутии, особенно ее густо населенной части, известной под названием Лено-Амгинское междуречье, подвергаются постоянному антропогенному воздействию в результате интенсивного многопрофильного освоения лесных территорий (строительство крупных населенных пунктов, использование лесных территорий для скотоводства и табунного коневодства, использование древесины на топливо, охотничий промысел, рекреация). В начале второй половины XX столетия в стране создавались крупные совхозы без учета климатических и мерзлотных условий, с одной стороны, социальных и традиционных способов ведения хозяйства в условиях Крайнего Севера, с другой. Такая недальновидная политика развития страны нанесла существенный урон состоянию лесов и лесных территорий. Флора и экологическая структура растительности лиственничных лесов подвергались коренным перестройкам в результате интенсивной рубки древостоев, часто повторяющихся лесных пожаров и затем вспышки массового размножения сибирского шелкопряда (*Dendrolimus superans sibiricus* Tschetv.). Если восстановительная динамика лиственничных лесов на гарях и вырубках более или менее изучена, то изменение флоры и растительности лиственничных лесов в шелкопрядах, т.е. на лесных территориях, подвергшихся воздействию этого вредителя лесов в результате его массового размножения и распространения, не изучено до сих пор.

В связи с этим в последние годы назрела необходимость специального изучения изменения флоры и растительности и закономерностей

восстановительной динамики растительности в шелкопрядах. Цель настоящей статьи заключается в выявлении закономерностей изменения флоры и экологической структуры растительности под воздействием массового размножения шелкопряда и особенностей восстановительного процесса лиственничных лесов Лено-Амгинского междуречья после прекращения массового размножения сибирского шелкопряда.

Лено-Амгинское междуречье представляет собой часть территории Алдано-Ленского округа Центрально-Якутской среднетаежной подпровинции подзоны среднетаежных лесов бореальной области [1], ограниченной на севере р. Алданом, на востоке и юго-востоке – р. Амгой, на западе – р. Леной, на юге – Приленским плато.

Климат Центральной Якутии характеризуется резкой континентальностью, проявляющейся в большой разнице между летними и зимними температурами и относительно малом количестве выпадающих осадков. Дефицит влаги в летнее время компенсируется подтаиванием влаги, аккумулированной в многолетней мерзлоте в зимние месяцы [2].

Лено-Амгинское междуречье входит в область сплошного распространения многолетнемерзлых пород. Температурный режим верхних слоев многолетнемерзлых пород зависит от локальных условий, таких как экспозиция склонов, их уклон и др. С температурой горных пород и климатическими условиями связана глубина промерзания и протаивания почв и горных пород. В условиях Лено-Амгинского междуречья глубины протаивания колеблются от 1,2–1,6 м (лиственничная тайга) до 1,6–2 м (луговая рас-

тельность). Глубина сезонного протаивания варьирует в зависимости от метеорологических условий района, в первую очередь, от осеннего увлажнения почвы и мощности снежного покрова.

На Лено-Амгинском междуречье подземные льды распространены повсеместно, начиная с пойм до древних плато. Широко распространены морозобойные трещины, которые являются причиной формирования мелкобугристого и трещиноватого рельефа. Просадки и провальные явления приводят к образованию аласов, на которых развиваются булгунняхи – бугры пучения с ледяным ядром высотой до 20–40 м и поперечником у основания 100–200 м.

Геоботанические исследования по данной теме проводились нами в течение 15 лет (1997–2012 гг.) на ненарушенных и нарушенных (разновозрастные гари, шелкопрядники) листовничниках на территории Хангаласского, Усть-Алданского, Чурапчинского, Амгинского и Таттинского улусов, в окрестностях г. Якутска. Проведены микроклиматические исследования для установления изменений микроклиматических условий в шелкопрядниках листовничных лесов, роста и развития подроста листовницы, подчиненных ярусов растительности – кустарникового, травяно-кустарничкового, мохово-лишайникового. Стационарные участки были заложены в листовничниках брусничных и разнотравно-брусничных (контрольные участки), в шелкопрядниках листовничных лесов в окрестностях сел Чычымах и Уолба Таттинского улуса. На стационарных участках заложены учетные площадки размером в 1 м<sup>2</sup> в количестве до 25.

Геоботанические описания и описания почвенных профилей на пробных площадях на гаях, шелкопрядниках и в нетронутых листовничниках (контрольные) размером в 400 и 600 м<sup>2</sup> [3] проводились по методике [4]. При описании кустарникового, травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов использованы методы глазомерного определения проективного покрытия в%, оценки обилия по Друде [5]. В процессе маршрутных исследований было выполнено 150 геоботанических описаний.

Обследование пораженных сибирским шелкопрядом лесных массивов проводилось по общепринятым методикам лесопатологических [6, 7], энтомологических исследований, а также в соответствии с инструкцией [8]. В качестве опорных баз для проведения наблюдений были использованы пробные площади в очагах массового размножения и районах распространения сибирского шелкопряда, заложенные в 2000–2012 гг.

Вспышки массового размножения сибирского шелкопряда, периодически возникающие в листовничных лесах Центральной Якутии [9–11], представляют серьезную угрозу для лесной растительности. На территории Лено-Амгинского междуречья с начала лета 1999 г. было зафиксировано появление очагов массового размножения сибирского шелкопряда. В очагах было отмечено сильное куртинное (со степенью поврежденности от 20 до 100%) объедание листовничных насаждений площадью от нескольких десятков до десятков тысяч га [12]. Степень повреждения в очагах массового размножения шелкопряда могла варьировать от малозначительного до полной гибели древостоя. Как под пологом мало- и средненарушенных листовничных древостоев, так и в погибших древостоях наблюдалось резкое изменение микроклиматических условий [13, 14].

Гибель древостоя и связанное с ним сильное осветление пораженных участков, изменение микроклиматических условий, увеличение мощности сезонноталого слоя приводят к резкому изменению видового состава и обилия присутствующих видов. Условно период резких изменений флористического состава в пораженных шелкопрядом лесах со 100%-й или близкой к этому гибели древостоя, с достаточным обсеменением с прилегающих, мало- и не затронутых шелкопрядом участков можно разделить на следующие стадии:

1. *Стадия инерции.* Изменение флоры в травяно-кустарничковом составе шелкопрядников начинается непосредственно в год первого объедания хвои вредителем. Как было сказано выше, листовница, являясь устойчивым к дефолиации видом, может сохранять жизнестойкость в течение 2 лет объедания. В некоторых случаях мы можем наблюдать массовое появление (более 50% древостоя) вторичной хвои после 100%-го объедания хвои гусеницами и окукливания части вредителя в конце июля–августа. Таким образом, мы можем установить за начало стадии инерции год массового заселения пораженного участка вредителем, а за конец – полную гибель древостоя. Вся стадия инерции длится до 3 лет.

Микроклиматической предпосылкой стадии инерции является постепенное осветление участка в результате дефолиации древостоя и весь комплекс изменений, вызванных данным фактором. Также большую роль на данной стадии играет биогенное воздействие сибирского шелкопряда.

Начало стадии инерции характеризуется сохранностью общего лесного облика травяно-кустарничкового яруса – лесные кустарнички:

брусника, голубика, багульник, доминировавшие в покрове ненарушенного лиственничника пока еще сохраняют ведущую роль в покрове. Однако дефолиация древостоя, снижение корневой конкуренции и резкое увеличение количества легко усвояемого гумуса в почве за счет переработанной гусеницами сибирского шелкопряда хвои лиственницы дает толчок развитию в покрове быстрорастущих луговых растений: мышиный горошек (*Vicia cracca*), полынь пижмолистная (*Artemisia tanacetifolia*) и земляника восточная (*Fragaria orientalis*) (таблица). Эти виды, являясь постоянными видами с невысоким обилием в видовом составе ненарушенных разнотравно-брусничных лиственничников, резко наращивают свое обилие. К концу стадии инерции они уверенно доминируют в травяно-кустарничковом покрове пораженных сибирским шелкопрядом лиственничников, постепенно вытесняя лесные кустарнички, пока еще сохраняющие достаточно высокое обилие.

Таким образом, мы можем охарактеризовать стадию инерции как проходящую под влиянием биогенного воздействия сибирского шелкопряда. Изменения в видовом составе травяно-кустарничкового яруса имеют скорее количественные, чем качественные показатели.

2. Стадия доминирования луговых трав. Начало стадии совпадает с полным отмиранием пораженного древостоя. На данной стадии на флористическом уровне идет процесс закрепления изменений, вызванных возникшими микроклиматическими условиями. Изменения условий освещения, увлажнения, температурного режима приводят к закреплению на пораженных участках растений, не характерных для лесной растительности. Роль биогенного воздействия сибирского шелкопряда постепенно отходит на второй план.

Часть лесных растений постепенно сокращает свое присутствие, сохраняясь к концу стадии в виде небольших пятен растительности. Это такие виды, как брусника (*Vaccinium vitis-idaea*), линнея северная (*Linnaea borealis*) и лимнас Стеллера (*Limnas stelleri*), а также мхи *Aulacomnium turgidum* и *Dicranum sp.* Некоторые лесные растения, такие как ортилия однобокая (*Orthilia obtusata*), водосбор мелкоцветковый (*Aquilegia parviflora*), осока Ван-Хьюрка (*Carex vancheurkii*), хвощ камышовый (*Equisetum scirpoides*), грушанка красная (*Pyrola incarnata*), арктоус красноплодный (*Arctous erythrocarpa*), виды лишайников, полностью выпадают из видового состава.

Возрастает доля и проективное покрытие луговых трав. Начинают доминировать такие виды, как мятлик сибирский (*Poa sibirica*), а на

Обилие видов растений подчиненных ярусов на различных стадиях восстановления шелкопрядников

Виды	Обилие* по стадиям**				
	К	1	2	3	4
<i>Кустарники</i>					
<i>Rosa acicularis</i>	+	+++	++	++	+
<i>Травы и кустарнички</i>					
<i>Equisetum scirpoides</i>	+++	+	-	-	++
<i>Limnas stelleri</i>	+++	++	+	+	++
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	+++	++	+	+	++
<i>Aquilegia parviflora</i>	++	+++	-	+	+
<i>Carex vancheurkii</i>	++	+	-	+	+
<i>Orthilia obtusata</i>	++	++	-	+	+
<i>Pyrola incarnata</i>	++	+	-	+	++
<i>Artemisia tanacetifolia</i>	+	+++	++	++	+
<i>Fragaria orientalis</i>	+	+++	++	+	+
<i>Vicia cracca</i>	+	+++	++	++	+
<i>Agrostis sp</i>	-	++	+++	++	-
<i>Alopecurus arundinaceus</i>	-	++	+++	++	-
<i>Epilobium palustre</i>	-	++	+++	++	-
<i>Hordeum brevisubulatum</i>	-	++	+++	++	-
<i>Geum aleppicum</i>	-	++	+++	++	-
<i>Poa sibirica</i>	-	++	+++	++	+
<i>Mxu</i>					
<i>Aulacomnium turgidum</i>	++	+	+	+	++

\*Показатели обилия: + редко; ++ изредка; +++ обильно.

\*\*Стадии развития: К – контроль, лиственничник разнотравно-брусничный, не затронутый шелкопрядом; 1 – стадия инерции; 2 – стадия доминирования луговых трав; 3 – стадия доминирования кустарничков; 4 – стадия лиственничного молодняка.

участках с избыточным увлажнением – лисохвост тростниковидный (*Alopecurus arundinaceus*) и кипрей болотный (*Epilobium palustre*). В покрове появляются типично луговые растения: ячмень короткоостистый (*Hordeum brevisubulatum*), полевица (*Agrostis sp*), гравилат аллепский (*Geum aleppicum*). Земляника восточная (*Fragaria orientalis*), оказавшись под пологом более высокорослых растений, постепенно сокращает свое проективное покрытие.

В отличие от гарей обилие иван-чая (*Chamerion angustifolium*) и вейника (*Calamagrostis langsdorffii*) в шелкопрядниках невысоко, однако на этой стадии возрастает риск лесных пожаров и в случае прохождения погибшего от шелкопряда лиственничника лесным пожаром, эти виды начинают доминировать.

В целом на стадии доминирования луговых трав кустарничково-травяной ярус принимает облик, который будет сохраняться вплоть до восстановления лесной растительности на пораженном участке. Изменения в видовом составе травяно-кустарничкового яруса происходят как по качественным, так и количественным показателям.

Продолжительность стадии 3–5 лет – от полного отмирания древостоя до появления выраженного кустарникового покрова в случае отсутствия внешнего сдерживающего лесовосстановительный процесс фактора (лесной пожар, выпас скота и т.д.).

3. *Стадия доминирования кустарников.* Изменение условий произрастания вследствие гибели древостоя в первую очередь коснулось видов кустарникового яруса, уже представленных в пораженных сибирским шелкопрядом лиственничных лесах. Шиповник иглистый (*Rosa acicularis*), ивы Бебба (*Salix bebbiana*) и грушанколистная (*Salix pyrolifolia*), а также береза плосколистная (*Betula platyphylla*), практически всегда представленные в лиственничниках Центральной Якутии, в шелкопрядниках получают дополнительный толчок к развитию. Снижение корневой конкуренции со стороны древостоя и обогащение почвы продуктами жизнедеятельности гусениц сибирского шелкопряда становятся предпосылкой успешного развития этих кустарников в шелкопрядниках. В свою очередь такие типично лесные кустарники, как спирея средняя, либо исчезают, либо сокращают свое обилие в шелкопрядниках. Таким образом, можно считать, что начало стадии доминирования кустарников закладывается еще в пораженных вредителем, но еще не погибших лиственничных лесах.

Если виды, характерные для подлеска лиственничных лесов (ивы Бебба и грушанколистная и береза плосколистная), будучи более рослыми, превышают по высоте растения травяно-кустарничкового яруса ненарушенных лиственничников и виды лугового высокотравья на стадии луговых трав, то шиповник иглистый оказывается ниже видов лугового высокотравья. Если в первые годы восстановления шелкопрядника благодаря лучшему разрастанию корневыми отпрысками и быстрому росту шиповник иглистый имеет некоторое преимущество перед другими кустарниками, то с внедрением в травяно-кустарничковый покров видов лугового крупнотравья это преимущество постепенно исчезает. Так с середины стадии луговых трав часть кустов шиповника иглистого попадает под полог травяно-кустарничкового яруса и постепенно отпадает, только более высокорослая часть его вместе с другими кустарниками входит в господствующий ярус.

В течение этой стадии под воздействием кустарникового яруса происходит разреживание кустарничково-травяного яруса. Лесные виды начинают постепенно восстанавливаться. Продолжительность стадии – до 5 лет, до выхода подростка лиственницы из-под полога кустарни-

кового яруса. При отсутствии обсеменения участка лиственницей стадия доминирования кустарников может приостановить свое поступательное развитие, тогда в лучшем случае появится вторичный березовый древостой, в худшем – формируется более или менее устойчивое кустарниковое сообщество с господствующим ярусом из берез кустарниковой (*Betula fruticosa*) или же тощей (*B. exilis*).

4. *Стадия березово-лиственничного молодняка.* В отличие от вырубок в шелкопрядниках невысока выживаемость предварительного подроста лиственницы – молодые лиственницы высотой более 10 см также объедаются вредителем, в отличие от взрослых деревьев они погибают после однократной дефолиации. Мозаичность погибших, нарушенных и ненарушенных в результате вспышки массового размножения сибирского шелкопряда лиственничных древостоев, как правило, дает возможность достаточного обсеменения лиственницей нарушенных участков.

В период со второй половины августа до середины сентября для лесов среднетаежной подзоны Якутии вероятность ветра со скоростью до 5 (2–5) м/с составляет от 89 до 95% [15,16]. Расчетная дальность разлета семян для лиственниц из окрестностей с. Чычымах (Таттинский улус) при господствующих в период массового разброса семян ветрах составляет 34,6–86,4 м [17]. При достаточном обсеменении шелкопрядников основным препятствием для укоренения сеянцев лиственницы на участках могут быть задернение почвы и мощный мертвый покров. Массовое укоренение всходов лиственницы на пораженных шелкопрядом участках происходит согласно анализу возрастной структуры подроста в шелкопрядниках непосредственно в год гибели древостоя – в конце стадии инерции. Видимо, это связано с повышением температуры и влажности почвы после оголения поверхности почвы в результате дефолиации древостоя. При обеспечении равномерного укоренения всходов дальнейшее развитие подростка лиственницы идет благополучно. В десятилетнем возрасте подросток лиственницы в шелкопрядниках имеет в благоприятные годы приросты более 10 см при высоте стволов 1,5–2 м.

Можно говорить о сходстве лесовосстановительных процессов, протекающих на шелкопрядниках, с процессами восстановления лесной растительности на гарях и вырубках лиственничных лесов. Как и гари лиственничных лесов шелкопрядники первых годов восстановления лесной растительности характеризуются развитием открытых растительных группировок с внедрением в состав растительности луговых

видов, что соответствует модели толерантности, характеризующейся постепенным расходом ресурсов, ухудшением условий среды и усилением конкуренции между растениями [18,19].

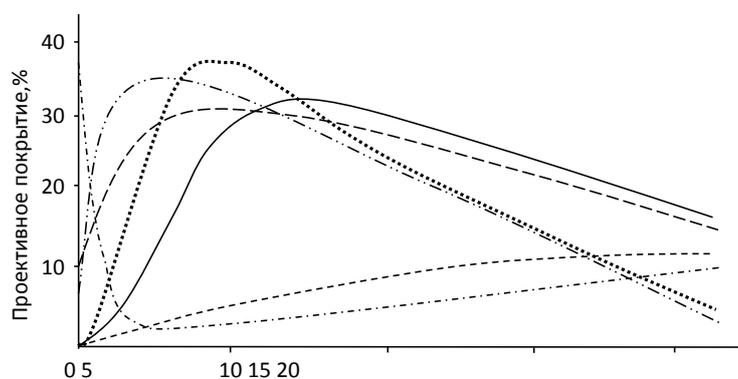
Сходство с вырубками лиственничных лесов заключается в большем сохранении подчиненных ярусов растительности – подлеска и травяно-кустарничкового яруса при частичном или полном исключении древостоя. Однако, если в шелкопрядниках подчиненные яруса растительности сохраняются к моменту гибели древостоя в неизменном состоянии, то на вырубках отмечается 50%-е снижение проективного покрытия травяно-кустарничкового покрова и практически полное уничтожение подлеска в результате механического воздействия тяжелой техники в момент рубки [20]. Период в восстановительной стадии шелкопрядников, проходящий под прямым воздействием сохраненных ярусов растительности, мы выделили как стадию инерции. Постепенно, по мере деградации покрова из лесных видов, влияние сохраненных ярусов растительности ослабевает.

Изменения, происходящие в проективном покрытии основных компонентов напочвенного живого покрова в шелкопрядниках, схожи с изменением растительности на гарях и вырубках лиственничных лесов. Только в видовом составе живого покрова гарей вейник Лангсдорфа и иван-чай узколистый (*Chamerion angustifolium*) встречаются обильно, что не характерно для шелкопрядников. Динамика восстановления растительности дает схожие пики роста проективного покрытия компонентов растительности (рисунок).

Появление пиков, обусловленное такими факторами, как гибель древостоя, увеличение светового потока, удобрение почвы зольными элементами (гари), экскрементами вредителя (шелкопрядники) и др., при одинаковой схеме развития идет несколько разными темпами. В шелкопрядниках сохранение подчиненных ярусов растительности позволяет за более короткий срок чем на гарях нарастить проективное покрытие видам, увеличивающим свое участие после гибели древостоя. Ко 2–3 году после гибели древостоя эти виды достигают максимума проективного покрытия, при этом показатели проективного покрытия несколько ниже, чем на гарях, что мы объясняем большей корневой конкуренцией между компонентами растительного покрова в шелкопрядниках. На гарях же пики проективного покрытия достигаются к 4–6 годам с более высокими показателями. К 7–10 году после гибели

древостоя проективное покрытие видов травяно-кустарничкового покрова как в шелкопрядниках, так и на гарях начинает постепенно снижаться под воздействием подростка лиственницы, который до этого момента находился под их пологом. Постепенное доминирование лиственницы вначале над травяно-кустарничковым, затем над кустарничковым ярусом приводит к восстановлению условий, близких к нарушенным лиственничным лесам. В послепожарных молодняках по мере смыкания крон под пологом лиственничного молодняка часто исчезает травяной покров, образуется мертвопокровная лиственничная чаща с густотой в 15–20-летнем возрасте до 150–240 тыс. экз./га [20]. Динамика зарастания шелкопрядников на этом этапе протекает по схожей схеме при несколько более низкой густоте стояния лиственничного молодняка. Как на гарях, так и в шелкопрядниках мертвый покров является стабилизирующим соотношением лесных и нелесных видов в составе травяно-кустарничкового покрова фактором. Лесные кустарнички в целом лучше переносят условия, возникающие при накоплении мертвого покрова, что становится одной из причин доминирования лесных кустарничков в травяно-кустарничковом покрове лиственничных лесов. В лесах с хорошо развитым мертвым покровом лесные кустарнички, как правило, угнетены, но редко выпадают из видового состава. Этого нельзя сказать о видах разнотравья – при накоплении мертвого покрова они начинают исчезать, единично сохраняясь только в разрывах в мертвом покрове [21].

Таким образом, нами выявлены следующие особенности участия сибирского шелкопряда в восстановительной динамике растительности брусничных лиственничников Лено-Амгинского междуречья:



Динамика проективного покрытия компонентов растительного покрова на гарях и шелкопрядниках разнотравно-брусничных и брусничных лиственничников:

— *Vaccinium vitis-idaea*;

— — — кустарнички;

· · · · · злаки и осоки

1. Начальный этап восстановления растительного покрова в шелкопрядниках идет так же, как на горях и вырубках, по пути образования открытого растительного сообщества с активным внедрением луговых видов и деградацией лесных видов.

2. Нарастание проективного покрытия видов травяно-кустарничкового яруса в шелкопрядниках в первые годы динамики растительности происходит медленнее, что объясняется выраженной «стадией инерции», инициированной сохранными после гибели древостоя видами подчиненных ярусов растительности.

3. Начиная со стадии березово-лиственничного молодняка, восстановительная динамика растительности шелкопрядников в средних условиях увлажнения идет так же, как на вырубках и горях лиственничных лесов. Однако в условиях близкого залегания подземных линз льда происходит заболачивание брусничных лиственничников, что может привести к формированию ерниковых ценозов из берез кустарниковой или реже тощей.

В случае прохождения устойчивого лесного пожара в шелкопряднике полностью уничтожается подрост лиственницы, кроме того, возможно повреждение и гибель единичных сохранившихся после инвазии вредителя взрослых лиственниц, являвшихся источником семенного материала. При недостаточном обсеменении лиственницей дальнейшее сукцессионное развитие на таких участках может идти по пути возникновения вторичных березняков [20].

Прохождение слабоинтенсивных лесных пожаров не наносит особого вреда взрослым деревьям березы, достаточно часто присутствующим в виде примеси в лиственничных древостоях. В шелкопрядниках березы оказываются в более предпочтительном положении, чем подрост лиственницы, который уничтожается лесным пожаром на горях почти полностью. Береза даже в случае, если часть стволов отпадет в результате огневых повреждений, дает активный рост порослевых побегов, довольно быстро выходящих в древесный ярус. Низовой лесной пожар, произошедший в восстанавливаемом лесу, может играть роль «ингибитора» сукцессионного процесса, не давая коренным формациям хвойных образовывать сомкнутые насаждения [22].

*Работа написана при частичном финансировании программой РАН «Биоразнообразии»*

#### Литература

1. Андреев В.Н., Галактионова Т.Ф., Перфильева В.И., Щербаков И.П. Основные особенности растительного покрова Якутской АССР. – Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1987. – 156 с.
2. Гаврилова М.К. Климат Центральной Якутии. – Якутск: Кн. изд-во, 1973. – 119 с.
3. Тимофеев П.А. Курсовая работа по ботанике: методические указания по оформлению курсовых работ. – Якутск: изд. ЯГУ, 1979. – 100 с.
4. Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 44 с.
5. Понятовская В.М. Учет обилия и особенности размещения видов в естественных растительных сообществах // Полевая геоботаника. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1964. – С. 209–299.
6. Жохов П.И. Памятка таксатора по лесопатологической сигнализации. – М.: Лесная промышленность, 1975. – 296 с.
7. Воронцов А.И. Патология леса. – М.: Лесная промышленность, 1978. – 270 с.
8. Инструкция по экспедиционному лесопатологическому обследованию лесов СССР. – М.: ЦБНТИ Гослесхоз СССР, 1983. – 181 с.
9. Аммосов Ю.Н. О состоянии защиты лесов Якутии от вредных насекомых и о методах надзора за главнейшими вредителями лиственницы – сибирским шелкопрядом и серой лиственничной листоверткой // Природа Якутии и ее охрана (Материалы V республиканского совещания по охране природы Якутии). – Якутск, 1972. – С. 154–157.
10. Аммосов Ю.Н. Сибирский шелкопряд (*Dendrolimus superans sibiricus* Tschetv.) в Центральной Якутии // Хвойные деревья и насекомые дендрофаги. – Иркутск, 1978. – С. 74–84.
11. Averensky A.I., Chikidov I.I., Ermakova Yu.V. Insect Impact on Vegetation / The Far North: Plant Biodiversity and Ecology of Yakutia / Plant and Vegetation, Vol. 3; Troeva E.I., Isaev A.P., Cherosov M.M., Karpov N.S. (Eds.). 1<sup>st</sup> Edition., Springer 2010. – P. 297–316.
12. Чикидов И.И., Борисов Б.З., Исаев А.П. Оценка площади поврежденных лесов Центральной Якутии сибирским шелкопрядом в 1999–2000 годах по спутниковым данным инструмента SPOT-Vegetation // Наука и образование. – 2010. – №4. – С. 76–81.
13. Оконешикова М.В., Десяткин Р.В., Исаев А.П. Влияние массовых вспышек сибирского шелкопряда на состав и свойства мерзлотных палевых почв // Материалы научно-практической конференции «Лесные исследования в Якутии: итоги, состояние и перспективы». Т.1. – Якутск: Изд-во ЯГУ, 2006. – С. 77–83
14. Чикидов И.И. Роль растительности в формировании светового режима в пораженных сибирским шелкопрядом лиственничниках Центральной Якутии // Бюллетень МОИП. – М., 2009. – Т.114, вып.3; прил.1, ч.3. – С.271–274.
15. Поздняков Л.К. Лиственница даурская. – М.: Наука, 1975. – 310 с.
16. Исаев А.П., Ситников Н.М. Определение даль-

ности разлета семян лиственницы и сосны // Экология растительного мира Якутии: тез. докл. респ. конф. научной молодежи. – Якутск, 1992. – С. 23 - 24.

17. Лыткина Л.П., Исаев А.П., Чикидов И.И. Дальность разлета семян лиственницы в лесах Якутии // Наука и образование. – 2005. – №2. – С. 16–17.

18. Connell J.H., Slatyer R.O. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization // Amer. Naturalist. – 1977. – V. 3, № 982. – P. 1119–1144.

19. Botkin D.B. Causality and succession // Forest succession: Concepts and application. – N.Y. et al.: Springer-Verlag, 1981. – P. 36–58.

20. Тимофеев П.А., Исаев А.П., Щербаков И.П. и

др. Леса среднетаежной подзоны Якутии. – Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1994. – 140 с.

21. Чикидов И.И. О типологическом положении лиственничников с преобладанием в напочвенном покрове мертвого покрова // Научная конф. студентов и молодых ученых. VII Лаврентьевские чтения: сб. статей. Т. III. – Якутск, 2003. – С.55–58.

22. Чикидов И.И. Климатические предпосылки возникновения очагов массового размножения сибирского шелкопряда в Центральной Якутии // Материалы научно-практической конференции «Лесные исследования в Якутии: итоги, состояние и перспективы». Т.1. – Якутск: Изд-во ЯГУ, 2006. – С.146–159.

Поступила в редакцию 18.11.2014

УДК 581.526.42:581.524.3(282.256.84)

## **Аллювиогенные сукцессии лесной и кустарниковой растительности долины р. Алазеи (Колымская низменность, Северо-Восточная Якутия)**

А.П. Ефимова

*В 2009 г. проведены флористико-геоботанические исследования с целью оценки современного состояния и изучения особенностей первичных аллювиогенных сукцессий лесной и кустарниковой растительности долины среднего течения р. Алазеи. Исследования выполнены с применением традиционных и новейших геоботанических подходов и методов. Установлено, что сукцессионные смены в долине р. Алазеи демонстрируют наличие общих принципиальных признаков, присущих аллювиогенной динамике растительности в развитых долинах равнинных рек: векторное качественно-структурное усложнение экосистем в процессе перехода от открытых травяных группировок к зональным хвойным лесам через развитие высокосомкнутых кустарниковых сообществ. Показано, что аллювиогенные сукцессионные процессы в долине определяются не только климатическими, почвенно-грунтовыми условиями, но и эколого-биологическими свойствами доминирующих видов растений: амплитудой их экологического оптимума, успешностью семенного и вегетативного возобновления, конкурентными взаимоотношениями и продолжительностью жизненного цикла. Характерной особенностью сукцессий в долине среднего течения р. Алазеи являются: сравнительная флористическая бедность и упрощенность сукцессионной линии, широкое участие арктосубарктических, арктоальпийских видов ив, мезогигрофитность и гигромезофитность напочвенного покрова фитоценозов практически на всех стадиях динамики, а также заметное влияние сивьатного и болотного ценоэлементов. Эти черты динамики обусловлены географическим положением и природно-климатической спецификой Колымской низменности с ограниченными ресурсами тепла, близким залеганием и высокой льдистостью многолетнемерзлых грунтов, незначительной расчлененностью рельефа и слабым дренажем глееватых криозёмов.*

*Ключевые слова:* первичные аллювиогенные сукцессии, Алазея, *Salix udensis*, *S. Pulchra*, *Larix cajanderi*.

*In 2009 floristic and geobotanical research to estimate a current state and study the features of primary alluvial successions of a forest and shrubby vegetation of the middle reaches of the Alazeya River valley was conducted. The research was executed with application of traditional and new geobotanical approaches and methods. It is established that in the valley of the Alazeya River there are general basic signs peculiar to al-*

---

ЕФИМОВА Айталипа Павловна – к.б.н., с.н.с. Института биологических проблем криолитозоны СО РАН, Институт естественных наук Северо-Восточного федерального университета, aitalina\_ef@mail.ru.

ности разлета семян лиственницы и сосны // Экология растительного мира Якутии: тез. докл. респ. конф. научной молодежи. – Якутск, 1992. – С. 23 - 24.

17. Лыткина Л.П., Исаев А.П., Чикидов И.И. Дальность разлета семян лиственницы в лесах Якутии // Наука и образование. – 2005. – №2. – С. 16–17.

18. Connell J.H., Slatyer R.O. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization // Amer. Naturalist. – 1977. – V. 3, № 982. – P. 1119–1144.

19. Botkin D.B. Causality and succession // Forest succession: Concepts and application. – N.Y. et al.: Springer-Verlag, 1981. – P. 36–58.

20. Тимофеев П.А., Исаев А.П., Щербаков И.П. и

др. Леса среднетаежной подзоны Якутии. – Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1994. – 140 с.

21. Чикидов И.И. О типологическом положении лиственничников с преобладанием в напочвенном покрове мертвого покрова // Научная конф. студентов и молодых ученых. VII Лаврентьевские чтения: сб. статей. Т. III. – Якутск, 2003. – С.55–58.

22. Чикидов И.И. Климатические предпосылки возникновения очагов массового размножения сибирского шелкопряда в Центральной Якутии // Материалы научно-практической конференции «Лесные исследования в Якутии: итоги, состояние и перспективы». Т.1. – Якутск: Изд-во ЯГУ, 2006. – С.146–159.

Поступила в редакцию 18.11.2014

УДК 581.526.42:581.524.3(282.256.84)

## **Аллювиогенные сукцессии лесной и кустарниковой растительности долины р. Алазеи (Колымская низменность, Северо-Восточная Якутия)**

А.П. Ефимова

*В 2009 г. проведены флористико-геоботанические исследования с целью оценки современного состояния и изучения особенностей первичных аллювиогенных сукцессий лесной и кустарниковой растительности долины среднего течения р. Алазеи. Исследования выполнены с применением традиционных и новейших геоботанических подходов и методов. Установлено, что сукцессионные смены в долине р. Алазеи демонстрируют наличие общих принципиальных признаков, присущих аллювиогенной динамике растительности в развитых долинах равнинных рек: векторное качественно-структурное усложнение экосистем в процессе перехода от открытых травяных группировок к зональным хвойным лесам через развитие высокосомкнутых кустарниковых сообществ. Показано, что аллювиогенные сукцессионные процессы в долине определяются не только климатическими, почвенно-грунтовыми условиями, но и эколого-биологическими свойствами доминирующих видов растений: амплитудой их экологического оптимума, успешностью семенного и вегетативного возобновления, конкурентными взаимоотношениями и продолжительностью жизненного цикла. Характерной особенностью сукцессий в долине среднего течения р. Алазеи являются: сравнительная флористическая бедность и упрощенность сукцессионной линии, широкое участие арктосубарктических, арктоальпийских видов ив, мезогигрофитность и гигромезофитность напочвенного покрова фитоценозов практически на всех стадиях динамики, а также заметное влияние сільватного и болотного ценоэлементов. Эти черты динамики обусловлены географическим положением и природно-климатической спецификой Колымской низменности с ограниченными ресурсами тепла, близким залеганием и высокой льдистостью многолетнемерзлых грунтов, незначительной расчлененностью рельефа и слабым дренажем глееватых криозёмов.*

*Ключевые слова:* первичные аллювиогенные сукцессии, Алазея, *Salix udensis*, *S. Pulchra*, *Larix cajanderi*.

*In 2009 floristic and geobotanical research to estimate a current state and study the features of primary alluvial successions of a forest and shrubby vegetation of the middle reaches of the Alazeya River valley was conducted. The research was executed with application of traditional and new geobotanical approaches and methods. It is established that in the valley of the Alazeya River there are general basic signs peculiar to al-*

---

ЕФИМОВА Айталипа Павлолна – к.б.н., с.н.с. Института биологических проблем криолитозоны СО РАН, Институт естественных наук Северо-Восточного федерального университета, aitalina\_ef@mail.ru.

*luvial dynamics of vegetation at developed valleys of plain rivers: vectored qualitative and structural complication of ecosystems in the course of transition from initial open herb groups to zonal coniferous forests through the growth of high-close shrubby communities. It is established that alluvial successional processes in the valley are defined not only by climatic and soil conditions, but also by ecological and biological properties of the dominating species: amplitude of their ecological optimum, success of seed and vegetative regeneration, ecological competition and duration of a life cycle. The special feature of the Middle Alazeya valley successions are: comparative floristic poverty and simplified nature of the successional line, broad participation of the arctic-subarctic, the arctic-alpine species of willows, mesohygrophilous and hygromesophilous herb layers of phytocenoses practically at all stages of the dynamics, and also noticeable influence of boreal and marsh cenotic elements. These features of the dynamics are caused by the geographical position and climatic specifics of the Kolyma Lowland with limited resources of heat, close bedding and a high icy constituent in frozen soils, poor differences of the relief and low drainage of frozen northern taiga typical gleysoils.*

**Kew words:** primary alluvial successions, Alazeya, *Salix udensis*, *S. pulchra*, *Larix cajanderi*.

## Введение

Изучение первичных спонтанных процессов лесообразования в долинах рек – важная задача, позволяющая понять закономерности и механизмы эволюционно сложившегося цикла сукцессионной динамики, завершающейся формированием зональной растительности.

Лесная растительность бассейна р. Алазеи долгое время оставалась практически не изученной. Общие сведения о растительном покрове района были даны в ходе изучения тебенёвочных пастбищ сотрудниками Института биологии ЯФ СО АН СССР А.А. Пермяковой и др. в середине 60-х годов прошлого столетия [1, 2]. В 1984 г. Е.Г. Николиным и К.А. Волотовским были проведены исследования флоры и растительности низовьев р. Алазеи, результаты которых не были опубликованы.

Исследованный район относится к Колымской климатической континентальной области. Климат региона резко континентальный, с низкими зимними (среднемесячная температура января  $-30^{\circ}\text{C}$ , абсолютный минимум  $-60^{\circ}\text{C}$ ) и высокими летними температурами (среднемесячная температура июля  $10^{\circ}\text{C}$ , абсолютный максимум  $32^{\circ}\text{C}$ ), малой облачностью, незначительным количеством среднегодовых осадков (150 мм) [3, 4].

На изученном отрезке р. Алазея имеет равнинный характер с выраженным меандрированием. Питание реки осуществляется за счет поверхностных вод, таяния мерзлоты, погребенных льдов и стока с озер. В мае–июне происходят весенние половодья, в конце июня, июле – паводки за счет оттаивания озер и мерзлоты.

Район исследований по геоботаническому районированию Якутии охватывает подзоны северотаёжных редкостойных притундровых и северотаёжных лиственничных лесов [4]. По лесорастительному районированию И.П. Щер-

бакова [5] исследованная территория относится к Северо-Восточному горному северотаёжному (Яно-Индигирскому) лесорастительному округу.

## Материалы и методы исследования

В 2009 г. нами проведены геоботанические исследования с целью оценки современного состояния и изучения особенностей аллювиогенных сукцессий лесного покрова долины среднего течения р. Алазеи. Полевые работы проведены на поперечной и продольной трансектах от низкой прирусловой поймы к надпойменным террасам от с. Сватай в среднем течении до пос. Андрюшкино в низовьях Алазеи. Геоботанические описания и исследования по изучению динамики растительности выполнены в соответствии с традиционными и новейшими методическими указаниями [6–11].

## Результаты и обсуждение

По результатам всестороннего флористического, геоботанического и динамического анализа сообществ нами составлен серийный ряд лесной и кустарниковой растительности современной долины среднего течения р. Алазеи. Сукцессии происходят при последовательном и закономерном повышении гипсометрического уровня поймы в результате седиментации и снижения базиса эрозии. Следует подчеркнуть, что приводимая схема не описывает различные девиации и экологические трансформации при различных ландшафтных нарушениях, а отражает наиболее общий закономерный серийный ряд, развивающийся на аллювиях и аллювиальных почвах.

Сукцессионная серия лесной растительности долины среднего течения р. Алазеи начинается с сингенеза растений на свежих иловато-супесчаных и суглинистых наносах. Непосредственно

у русла реки первой поселяется ива удская – *Salix udensis*, аллювиофильный пионерный вид, образующий в первые годы беспокровные молодняки. Этот этап характеризуется как беспокровная стадия удскоивовой фазы. В первые годы динамики наблюдается хаотичность сингенетических процессов, обусловленная приносом различных зачатков водой, открытостью сообществ на первых стадиях развития. Отмечается появление прибрежно-водных, лугово-болотных, полусорных преимущественно одно-, двулетних видов, таких, как: *Tephrosieris palustris*, *Rorippa palustris*, *Epilobium palustre*, *Ranunculus gmelinii* и др. Но уже в ближайшие годы большинство случайных видов элиминируется, в покрове повышается участие многолетних длиннокорневищных злаков, приспособленных к аллювионакоплению и поёмности – *Arctophila fulva*, *Glyceria triflora*, *Calamagrostis langsdorffii*.

С течением времени стадия беспокровных удскоивовых сообществ переходит в камышковохвощовую стадию. Под камышковохвощовыми ивняками закономерно формируются аллювиальные слоистые слабообразованные почвы. Отопляющее влияние русла значительно, что обуславливает значительную мощность сезонноталого слоя в августе – 100–120 см. Степень сомкнутости крон ив высокая – 0,8–0,9. Семенное возобновление обильное, на открытых местах количество всходов достигает 2–4 тыс. экз./м<sup>2</sup> (20–40 млн./га), но под собственным пологом ввиду нехватки света молодое поколение отсутствует. Травяной покров неясно 2–3-ярусный, степень проективного покрытия – до 70%, в нём доминирует *Equisetum scirpoides*. Высококонстантны, но низкообильны гигрофильные и мезогигрофильные длиннокорневищные виды (*Calamagrostis langsdorffii*, *Arctophila fulva*, *E. Fluviale*, *Glyceria triflora*), а также одно-, двулетники, в том числе *Rorippa palustris*. Покрытие мохового покрова – до 80–90%, господствуют первично- и вторично-сукцессионные мхи: *Funaria hygrometrica*, *Leptobryum pyriforme* и *Marchantia polymorpha*.

На прибрежных валах, гривах и на плоских экотопах следующей стадией развития этих ценозов становятся лангсдорфовойниковые удскоивовые сообщества. Здесь ивы достигают зрелого возраста, часто имеют вторичную древовидную форму, высота деревьев до 6 м, сомкнутость – 0,8–0,9. В двух-, трехъярусном травяном покрове с покрытием до 90% и высотой до 100–120 см господствует мощный длиннокорневищный злак – *Calamagrostis langsdorffii*, отличающийся высокой степенью конкурентоспособности. Высококонстантны *Equisetum arvense*, *Arctagrostis arundinaceus*, *Rorippa palustris*.

Невозможность семенного возобновления под собственным пологом ограничивает жизненный цикл удскоивовых сообществ. Они существуют лишь несколько поколений ивового насаждения лишь за счет вторичного порослевого отращивания. Строгая привязанность к влажным аллювиальным субстратам, неустойчивость к ухудшению дренажа, слабые эдификаторные и конкурирующие свойства, снижение виталитета порослевых особей способствуют тому, что при изменении режима поёмности сообщества *S. Udensis* постепенно распадаются. На их месте при выходе поверхности на уровень высокой поймы развиваются лангсдорфовойниковые луга и мезофильные аллювиофобные ивняки из ивы красивой – *S. Pulchra*. На уремах, прибрежных валах при успешном внедрении в них подрастающей лиственницы часть этих сообществ изредка может, минуя фазу красивоивовых ивняков, напрямую развиваться в красивоивово-лангсдорфовойниково-моховую стадию лиственничной фазы.

Подобные лиственничники, как правило, встречаются узкими вытянутыми массивами на прибрежных уремах. Почвы под ними и морфологически, и типологически те же, что и под ивняками из *S. Pulchra* – глееватые криоземы. Отопляющее влияние близлежащего речного русла и половодий определяет довольно низкое залегание мерзлоты – в конце лета сезонноталый слой многолетнемерзлых грунтов обычно находится на уровне 0,7 м. Сомкнутость древостоя – 0,7, бонитет V. Подлесок развит (0,6–0,7), представлен исключительно *S. Pulchra*. Травяно-кустарничковый покров сформирован *Calamagrostis langsdorffii*, создающим высокий (до 1,6 м) и густой (до 90% покрытия) травостой. Моховой покров мозаичен (50–70%), малой мощности, в нём встречаются пионерные виды, такие как *Marchantia polymorpha*, *Funaria hygrometrica*, *Leptobryum pyriforme*, *Calliaron giganteum*. Характерно отсутствие напочвенных лишайников.

С течением времени при выходе экотопов из пойменного режима эти лиственничники сменяются голубично-лангсдорфовойниково-зеленомошными лиственничниками. Мощность сезонноталого слоя в этих лесах обычно незначительна и составляет в конце лета 20–30 см. Во многом это определяется окончательным выходом сообществ из зоны половодий, а также ограничением поступления тепла в почву из-за сплошного и мощного мохового покрова (80–95% покрытия). Почвы – оглеенные таёжные криоземы с маломощной лесной подстилкой и с незначительным грубогумусовым перегнойным горизонтом. Сомкнутость древостоя – 0,6–0,7 с

«окнами». Подлесок по сравнению с предыдущим типом разрежен (0,2–0,3), сформирован *S. Pulchra*, но в отличие от предыдущего типа в нем существенную роль играет *Betula exilis*. В первом подъярусе травяно-кустарничкового покрова господствует *Calamagrostis langsdorffii*, во втором содоминирует *Vaccinium uliginosum*, постоянно *Rubus arcticus*. Проективное покрытие травяного покрова – 30–50%. Лишайниково-зеленомошный покров достигает 80–90% покрытия. В отличие от предыдущего типа весь пул мохообразных, как правило, составляют лесные, лесоболотные зелёные мхи (*Aulacomnium turgidum*, *A. Palustre*, *Polytrichum strictum* и др.).

На выровненных поверхностях и слабоогнутых обширных понижениях высокой поймы лангсдорфвейниковая стадия удскоивовой фазы сменяется, как правило, лангсдорфвейниково-зеленомошной стадией ивняков из *S. Pulchra*. Характерной особенностью лангсдорфвейниково-зеленомошных красивоивовых ценозов является снижение доминирования длиннокорневищных злаков, в частности, вейника Лангсдорфа, и переход господствующих позиций зелёным мхам. Под этими ивняками формируются тиксотропные криозёмы, для которых характерно отсутствие морозобойных трещин. Эта особенность обуславливает относительную ровность поверхности почвы, что в значительной степени определяет малоразвитость парцеллярной структуры сообществ, а также сравнительную бедность и однородность видового состава. Уровень сезонноталого слоя в конце лета обычно колеблется между 40 и 60 см. Зрелые заросли ивы преимущественно чистые, изредка с единичной примесью *S. Glauca* и *S. Boganidensis*. Сомкнутость – до 0,9, средняя высота – 1,5–2 м. Характерен изреженный травяной покров (покрытие – 10–30%) с выровненным обилием видов. Высококостанты, но небогаты *Calamagrostis langsdorffii*, *Rubus arcticus*, *Equisetum arvense*, *Arctagrostis arundinaceus*. Структурной особенностью этих ивняков является наличие практически сплошного мохового покрова – впервые в сукцессиях появляется напочвенный покров из мхов с покрытием до 70–90%. В нем с высоким постоянством господствует *Aulacomnium turgidum*, иногда обилён *A. Palustre*.

Будучи аллювиофобным видом, *Salix pulchra* предпочитает довольно богатые почвы, не выносит активную аллювиальность и выдерживает лишь непродолжительное затопление. Этот вид также имеет сравнительно короткий жизненный цикл, неспособен к успешному семенному возобновлению под своим пологом и удерживает

свои позиции длительное время лишь благодаря вегетативному отращиванию. Виталитет порослевых поколений *S. Pulchra* со временем заметно понижается – распространяются сердцевинные гнили, отмирают части крон, что ускоряет деструкцию ивняков. Эти процессы закономерно приводят к осветлению верхнего полога, снижению корневой конкуренции, и в целом, к освобождению экологических ниш, что благоприятствует появлению новых видов. Напочвенный покров начинает приобретать черты силватизации: появляются *Moehringia lateriflora*, *Pyrola asarifolia*, *Orthilia obtusata*, *Ledum palustre*, *Empetrum nigrum*. Эти виды представляют собой инициальные виды – индикаторы начала развития зональных лиственничных лесов. Таким образом, постепенно формируется грушанково-лангсдорфвейниково-зеленомошная стадия фазы ивняков из *Salix pulchra*. Позже в живом напочвенном покрове появляются первые побеги *Vaccinium vitis-idaea*. В качестве нового элемента покрова возникают напочвенные лишайники: в микродепрессиях – *Peltigera aphthosa*, *P. Canina*, на микроповышениях – *Cladonia amaurocraea*, *C. Arbuscula* и др. Сомкнутость ивового полога становится существенно ниже (0,3–0,4) и это способствует тому, что по прогалинам, микротрещинкам поверхности почвы начинает наступать лиственничный подрост. В последующем в ивовом пологе усиливается отпад, остаются лишь отдельные порослевые экземпляры.

Через большой промежуток времени по мере закономерного изменения почвенных, мерзлотных условий грушанково-лангсдорфвейниково-зеленомошная стадия ивняков из *Salix pulchra* и голубично-лангсдорфвейниково-зеленомошная стадия лиственничников постепенно переходят в стадию багульниково-бруснично-зеленомошных лиственничников. Под этими лесами развиваются таёжные надмерзлотно-глееватые северотаёжные криозёмы. Леса в основном представлены разновозрастными древостоями со средней сомкнутостью 0,5–0,6. Мощност сезонноталого слоя варьирует от 40 до 70 см. Подлесок многовидовой, отличается от других типов структурным усложнением (сомкнутость – 0,2–0,4) – наличием двух подъярусов. Первый подъярус составляют *S. Boganidensis*, *S. Bebbiana*, нижний – *S. Pulchra*, *S. Glauca*, *S. Myrtilloides* и *Betula exilis*. Травяно-кустарничковый покров мозаичный, степень проективного покрытия от 20 до 80%, в нём доминирует *Vaccinium vitis-idaea*, согосподствует *Ledum palustre*. Обильны *Pyrola asarifolia*, *Calamagrostis langsdorffii*, *Vaccinium uliginosum*, довольно постоянны *Empetrum nigrum*, *Valeriana capitata*, *Or-*

*thilia obtusata*. Характерна гетерогенная горизонтальная структура, обусловленная формированием мозаики окон в результате возникновения морозобойных трещин, в которых развиваются осоково-пушицевые (*Carex lugens*, *Eriophorum vaginatum*, *E. Angustifolium*) кочкарные парцеллы с покровом из сфагнумов (*Sphagnum balticum*, *S. Girgensohnii*). Покрытие мохово-лишайникового покрова – 70–95%. В отличие от других типов здесь характерно большее видовое разнообразие лишайников.

### Выводы

Таким образом, в результате исследований установлено, что аллювиогенные сукцессионные процессы в долине определяются не только климатическими, почвенно-грунтовыми условиями, но и эколого-биологическими свойствами доминирующих видов: амплитудой их экологического оптимума, успешностью семенного и вегетативного возобновления, конкурентными взаимоотношениями и продолжительностью жизненного цикла. Составленная последовательность сукцессий в долине р. Алазеи демонстрирует наличие общих принципиальных признаков, присущих аллювиогенной динамике растительности в развитых долинах равнинных рек: векторное качественно-структурное усложнение экосистем в процессе перехода от открытых травяных группировок к зональным хвойным лесам через развитие высокосомкнутых кустарниковых сообществ. Выявлены характерные особенности сукцессий в долине р. Алазеи: сравнительная флористическая бедность и упрощенность сукцессионной линии, широкое участие арктосубарктических, арктоальпийских видов ив, мезогигрофитность и гигромезофитность напочвенного покрова фитоценозов практически на всех стадиях динамики, а также заметное влияние сylvатного и болотного ценокомплексов. Эти черты динамики обусловлены географическим положением и природно-климатической спецификой Колымской низменности с ограниченными ресурсами тепла, близким залеганием и высокой льдистостью многолетнемерзлых грунтов, незначительной расчленен-

ностью рельефа и слабым дренажем глееватых криозёмов.

*Статья написана на средства гранта РФФИ 13-06-93939-ДЖИ-8\_а.*

### Литература

1. *Пермякова А.А.* Луговая растительность в бассейне реки Алазеи // Почвенные и ботанические исследования в Якутии. – Якутск: Кн. изд-во, 1972. – С.101–109.
2. *Пермякова А.А.* Тебенёвочные пастбища в бассейне реки Алазеи // Тебенёвочные пастбища Северо-Востока Якутии. – Якутск: Кн. изд-во, 1974. – С.54–91.
3. *Атлас сельского хозяйства Якутской АССР.* – М.: ГУГК, 1989. – 115 с.
4. *Основные особенности растительного покрова Якутской АССР / В.Н. Андреев, Т.Ф. Галактионова, В.И. Перфильева, И.П. Щербаков.* – Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1987. – 156 с.
5. *Щербаков И.П.* Лесной покров Северо-Востока СССР. – Новосибирск: Наука, 1975. – 344 с.
6. *Сукачев В.Н., Зонн С.В.* Методические указания к изучению типов леса. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 144 с.
7. *Сукачев В.Н.* Динамика лесных биогеоценозов // Основы лесной биогеоценологии. – М.: Наука, 1964. – С. 458–501.
8. *Александрова В.Д.* Динамика растительного покрова // Полевая геоботаника. Т.Ш. – М.; Л.: Наука, 1964. – С.300–447.
9. *Миркин Б.М.* Закономерности развития растительности речных пойм. – М.: Наука, 1974. – 176 с.
10. *Титлянова А.А., Миронычева-Токарева Н.П., Косых Н.П.* Сукцессия растительности // Сукцессии и биологический круговорот. – Новосибирск: ВО «Наука», Сиб. изд. фирма, 1993. – С. 14–36.
11. *Маслов А.А.* Пространственно-временная динамика популяций растений: новый подход к изучению механизмов сукцессии // Актуальные проблемы геоботаники. Современные направления исследований в России: методология, методы и способы обработки материалов. – Петрозаводск, 2001. – С. 129–130.

*Поступила в редакцию 20.10.2014*

## Лесные сообщества Якутского ботанического сада

Т.С. Коробкова, С.М. Сабарайкина

Впервые за последние 50 лет проведено геоботаническое исследование современного состояния лесных территорий Якутского ботанического сада ИБПК СО РАН. В 1965 г. леса занимали 70% площади ботанического сада. Выявлено, что площадь лесной части сократилась почти на 20% и составляет в настоящее время 497 га. В породном составе лесов доминируют хвойные, на долю которых приходится 68%. Основными лесообразующими породами являются лиственница – 35%, сосна – 28%, береза – 15%, остальные – 22%. Всего выявлено 9 типов лесов, характерных для Центральной Якутии: 3 типа сосняков, 3 лиственничных, 2 березовых, 1 ивовый. Возрастная структура лесов: спелые – 32%, средневозрастные – 61%, молодые – 7%. Лесные фитоценозы представлены 27 видами древесных растений. Результатом усиления антропогенной нагрузки на леса Якутского ботанического сада являются трансформация видового состава лесных сообществ, сокращение площадей, занятых хвойными видами растений, заболачивание и засоление почвы.

Ключевые слова: ботанический сад, лесные фитоценозы, тип леса, виды древесных растений.

For the first time over the last 50 years a geobotanical research of the current state of the forest territories of the Yakut botanical garden IBPC of the Siberian Branch of the RAS is conducted. In 1965 the woods occupied 70% of the area of the botanical garden. It is revealed that the area of the forest part has decreased by almost 20% and now it covers 497 hectares. In the species composition of the forests the conifers dominate and make 68%. The main tree species are larch – 35%, pine – 28%, birch – 15%, the rest – 22%. Totally it is found 9 types of forests typical for Central Yakutia which are 3 types of pine forests, 3 larch forests, 2 birch forests, 1 willow forest. The age structure of the forests: ripe – 32%, middle – 61%, young – 7%. Forest communities are represented by 27 species of woody plants. The result of the increase of anthropogenic pressure on the forests of Yakut Botanical Garden is the transformation of the species composition of the forest communities, reducing the areas occupied by coniferous species of plants, waterlogging and soil salinity.

Key words: botanical garden, forest phytocenoses, forest type, species of woody plants.

### Введение

Первое подробное описание растительности окрестностей г. Якутска проведено в 1929 г. Р.И. Аболиным [1]. Позднее в публикациях многих исследователей [2–6] отражены различные аспекты растительного покрова Средней Лены, в основном, изучалась степная растительность. Исследованиями лесной и кустарниковой растительности поймы Средней Лены занимались Л.К. Поздняков [7], И.П. Щербаков [8], П.А. Тимофеев [9], А.П. Ефимова, И.Ф. Шурдук [10] и др.

Первые геоботанические исследования Якутского ботанического сада (ЯБС) проведены С.Ф. Нахабцевой и Б.В. Чугуновым в 1965 г. [11,12]. Ими установлено, что леса сада представлены долинными, увальными и «плоскогорными» комплексами. В растительном покрове преобла-

дающая роль принадлежала естественно произрастающим лесам, сформированным на увалах и распадках коренного берега на участках с неглубоким залеганием устойчиво-мерзлых грунтов. Леса занимали 70% площади ЯБС. Это преимущественно лиственничники (*Larix cajanderi* Mayr.), сосняки (*Pinus sylvestris* L.) и березняки (*Betula pendula* Roth.). В естественном произрастании небольшими фрагментами чистых насаждений, а чаще в незначительной примеси к лиственнице или сосне встречается представитель рода тополь (*Populus*) – осина (*P. tremula* L.).

Фрагменты степной растительности описаны на участках надпойменной террасы с глубоко протаивающими песчаными почвами и на крутых засушливых склонах. На ровных и пониженных элементах рельефа, заливаемых тальми водами – настоящие и болотистые луга, на верхнем поясе которых сформированы ивняки. В средневлажных условиях произрастания заросли образуют спирея средняя (*Spiraea media* Fr. Schmidt.), шиповник иглистый (*Rosa acicularis* Lindl.). На выходе к коренному берегу встречены небольшие фрагменты курильского чая (*Pentaphylloides fruticosa* (L.) O.Schwarz.) и рассеяно – кизильник черноплодный (*Cotoneas-*

КОРОБКОВА Татьяна Сергеевна – к.б.н., зав. Якутским ботаническим садом Института биологических проблем криолитозоны СО РАН, korobkova\_t@list.ru; САБАРАЙКИНА Светлана Михайловна – к.б.н., н.с. Института биологических проблем криолитозоны СО РАН, sabaraikina@mail.ru.

*ter melanocarpus* Fisch. ex Blytt.). На необсыхающих водоемах растительность представлена водным и прибрежно-водным типом, на полях и залежах – сорно-полевым типом сообщества.

### Материалы и методы

В 2013 г. нами проведены исследования территории сада с использованием маршрутного метода. Объектом исследования явились лесные сообщества, произрастающие на территории ЯБС. Геоботанические описания растительности проводились по общепринятой методике [13]. Видовой состав растительных сообществ определялся в пределах площади выявления. Общее проективное покрытие (ОПП) травостоя и проективное покрытие доминирующих видов определялись глазомерным методом, в% [14].

Якутский ботанический сад расположен в 7 км к юго-западу от г. Якутска. Рельеф территории сада очень разнообразен. С севера на юг территория разграничена довольно резким уступом коренного берега, с самой высокой точкой г. Чочур-Муран (62°01'16» с.ш. и 129°36'02» в.д.) с относительной высотой 92 м. Западная часть расположена на водоразделе, а восточная – на второй надпойменной террасе долины р. Лены. По долинной части протекает озеро Ытык-Кель, древняя протока р. Лены, которое делит территорию на две части – восточную приозерную и западную заозерную. Общая площадь сада занимает около 500 га. На природной территории Якутского ботанического сада, по данным Н.С. Даниловой [15], произрастают 262 вида, относящиеся к 172 родам и 54 семействам.

### Результаты и обсуждение

В ходе исследований выявлено, что лесная растительность ЯБС представлена следующими типами леса: лиственничные, сосновые (светлохвойные) и березовые (мелколиственные).

Долинные леса представлены березняками разнотравными, таволговым разнотравным ивняком. Разнотравным березнякам всегда сопутствуют лиственницы и сосны. На территории сада смешанные березняки встречаются по днищам и склонам, прорезающим водораздельную равнину, и спускаются в долину. Часто представляют лес вторичного происхождения, возникший в результате значительной рубки леса и очень частых пожаров. Почва таких лесов плодородная, гумусная. Древостой разновозрастной, слабосомкнутый (0,3–0,4), низкопроизводительный. Береза низкорослая 5–10 м, диаметр ствола 15–30 см, диаметр кроны 2–3 м. Подрост немногочислен. В подлеске участвуют: *Rosa*

*acicularis* (26) Lindl., *Spiraea media* Schmidt., *Populus tremula* L., *Ribes glabellum* Trautv. et C.A. Mey., *R. pauciflorum* Turcz. ex Pojark, *Salix bebbiana* Sarg., *S. boganidensis* Trautv., *S. tarai-kensis* Kimura, *S. viminalis* L. В травяно-кустарничковом ярусе (проективное покрытие 60%) произрастают 13 видов, среди которых выделяются: *Fragaria orientales* Losinsk (16), *Equisetum pratense* Ehrh. (16), *Sanguisorba officinalis* L., *Pyrola rotundifolia* L., *Chamerion angustifolium* (L.) Holub. (16), *Arctous alpina* subsp. *erythrocarpa* (Small.) M. Ivanova, *Poa pratensis* L. (16), *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth s. str. (16). Моховый покров слабо развит, представлен *Polytrichum piliferum* Hedw и *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch, Schimp. & Gumbel. Лишайников мало – *Parmelia sulcata* Tayl.

В приозерной части долины сада – сосновый лес брусничный. Лес зрелый, низкопроизводительный, сомкнутость 0,5. Высота сосны 8–20 м, диаметр ствола 16–30 см, диаметр кроны 3–5 м. Сухостой составляет 30%. Лес умеренно увлажненный. Почва дерново-лесная супесчаная, плодородная. Основными видами кустарничкового яруса являются *Rosa acicularis*, *Spiraea media*, *Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blytt. Доминирующими видами травяно-кустарничкового яруса являются *Vaccinium vitis-idaea* L., *V. uliginosum* L., *Ledum palustre* L. Отличительными видами этого типа леса являются *Castilleja rubra* (Drob.) Rebr., *Euphorbia esula* L., *Lycopodium dubium* Zoega. Моховый покров более 50%, состоит из *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwagr., *Polytrichum piliferum* Hedw, *Pleurozium schreberi* (Brid). Среди лишайников встречаются *Cetraria islandica* (L.) Ach., *Evernia esorediosa* (Mill. Arg.) Du Rietz., *Cladonia stellaris* (Opuz) Pouzar et Vezda, *Cladonia rangiferina* (L.) f.H. Wigg.

Основная лесная растительность сосредоточена в водораздельной части сада, расчлененной распадками протяженностью 3–5 км. На борových почвах располагаются сосновые леса толокнянковые и брусничные.

Сосновый лес толокнянковый располагается на коренном берегу, в юго-восточном и южном направлениях от г. Чочур-Муран, крутизна 10°, рельеф ровный. Этот тип представлен фрагментарно среди остепненной растительности в виде небольших по площади куртин соснового леса наиболее низкой производительности. Почва бедная, песчаная, малогумусная, увлажнение незначительное. Древесный ярус сообщества представлен сосной с незначительной примесью березы. Разновозрастной, осветленный, сомкнутость 0,4–0,5, низкопроизводительный. Высота сосен составляет 15–20 м, диаметр ствола 13–

18 см, диаметр кроны 3–4 м. Подлесок почти отсутствует, лишь на нижних границах кустарниковый ярус представлен единично встречающимися *Alnus crispa* (Aiton) Pursh subsp. *fruticosa* (Rupr.) Banaev, *Rosa acicularis* (26), *Spiraea media* (16). В травяно-кустарничковом ярусе (проективное покрытие 40%) произрастают 22 вида, среди них *Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Spreng. (46), *Viola gmeliniana* Schult., *Equisetum pratense*, *Achillea millefolium* L. (16), *Vicia cracca*, *V. amoena* Fisch., *Lychnis sibirica* L., *Orostachys malacophylla* (Pall.) Fisch., *Artemisia tanacetifolia* L., *Onobrychis arenaria* (Kit.) DC. Моховый покров слабо развит, представлен *Polytrichum piliferum* Hedw и *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch, Schimp. & Gumbel. Лишайники представлены *Usnea hirta* (L.) Wigg. emend. Mot. Лесная подстилка состоит из полуразложившейся хвои, шишек и опада травянистой растительности, покров рыхлый, глубиной 2–3 см.

В понижениях между песчаными буграми сосновый лес толокнянковый плавно переходит в сосновый лес брусничный (юго-восточное и южное направления от г. Чочур-Муран, крутизна 8°). Почва бедная, песчаная, малогумусная. Древесный ярус сообщества представлен сосной с незначительной примесью березы, лиственницы. Разновозрастной, слабосомкнутый (0,3–0,4), низкопроизводительный. Высота 15–25 м, диаметр ствола 15–25 см, диаметр кроны 3–4 м. Подлесок местами отсутствует или представлен редкими низкорослыми кустами *Alnus crispa* и *Rosa acicularis* (26). В живом покрове преобладают *Vaccinium vitis-idaea* (36), *Thymus sibiricus* (Serg.) Klok. et Shost., *Equisetum pratense* (16). Мертвый покров рыхлый, слоистый, мощность 1–2 см. Моховый покров слабо развит, представлен *Polytrichum piliferum*, *Pleurozium schreberi* и *Hylocomium splendens*. Среди лишайников встречаются *Cetraria islandica*, *Cladonia stellaris*, *Cladonia rangiferina*.

На небольших понижениях рельефа сосняки образуют смешанные леса с лиственницей Каяндера. Сосново-лиственничный лес брусничный находится восточнее г. Чочур-Муран, на коренном берегу, крутизна 10°. Лес разновозрастной, слабосомкнутый (0,3–0,4), низкопроизводительный. Высота сосен 20–23 м, диаметр ствола 23–25 см, диаметр кроны 4–5 м. Высота лиственниц 18–20 см, диаметр ствола 15–18 см, диаметр кроны 3–4 м, подрост многочислен, до 20 см – 18 экземпляров, до 45 см – 25. В сложении слабо выраженного подлеска участвуют: *Alnus crispa*, *Rosa acicularis* (26), *Spiraea media* (16). В травяно-кустарничковом ярусе (проективное покрытие 45%): *Vaccinium vitis-idaea* (36), *Chamerion angustifolium* (L.) Holub., *Rubus*

*arcticus* L. (16), *Thalictrum simplex* L., *Arctous alpina* subsp. *erythrocarpa* (Small.) M. Ivanova (16), *Artemisia sericea* Web ex Stechm., *Equisetum pratense* (16), *Festuca rubra* L., *Poa botryoides* (Trin. ex Griseb.) Kom. Моховый покров слабо развит, представлен *Polytrichum piliferum* и *Pleurozium schreberi*. На деревьях редко встречаются лишайники *Usnea hirta*, *Cladonia stellaris*, *Cladonia rangiferina*, *Evernia esorediosa* (Mill. Arg.) Du Rietz. Мертвый покров состоит из опада хвои, шишек и травянистой растительности. Мощность 1–2 см, рыхлый, слоистый.

У подножия г. Чочур-Муран располагается лиственнично-сосновый лес брусничный, сформированный вследствие естественного зарастания склона, который простирается в юго-восточном, западном, северо-западном направлениях от горы. Общее покрытие древесного яруса 70%. Максимальная высота лиственниц 12–18 м, сосен – 15–20 м. Средняя толщина стволов лиственниц 16 см, толщина сосен 12–14 см. Сухостой единичный. Древостой разновозрастной, слабосомкнутый (0,3–0,4), низкопроизводительный. В сложении выраженного подлеска участвуют: *Alnus crispa*, *Rosa acicularis* (26), *Spiraea media* (16), *Pentaphylloides fruticosa*. В травяно-кустарничковом ярусе (проективное покрытие 40%): *Vaccinium vitis-idaea* (36), *Atragene speciosa* Weinm., *Chamerion angustifolium* (L.) Holub. (16), *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt. (16), *Festuca kolymensis* Drob., *Agrostis trinii* Turcz., *Calamagrostis purpurea* (Trin.) Trin. subsp. *langsдорffii* (Link) Tzvel., *Trisetum sibiricum* Rupr. Моховый покров слабо развит, встречаются *Aulacomnium palustre*, *Pleurozium schreberi*, *Evernia esorediosa*.

Лиственничные леса располагаются на коренном берегу, в понижениях, вдоль ручья, у подножия горы фрагментарно. Почвы хорошо гумусированы, увлажнены и богаты минеральными веществами. Древостой разновозрастной, слабосомкнутый (0,3–0,5). Высота лиственниц 25 м, диаметр ствола 20–25 см, диаметр кроны 3–4 м. В подлеске – *Rosa acicularis*, *Spiraea media*, *Populus tremula*. В травяно-кустарничковом ярусе (проективное покрытие 60%): *Vaccinium vitis-idaea*, *Rubus arcticus*, *Achillea millefolium* L., *Atragene speciosa* Weinm., *Astragalus propinquus* Schischk., *Arctous alpina* subsp. *erythrocarpa* (16), *Ledum palustre* (26). Моховый покров слабо развит, встречаются *Aulacomnium palustre*, *Polytrichum piliferum*, *Pleurozium schreberi*, *Evernia esorediosa*.

Лиственнично-березовый лес располагается на коренном берегу в юго-восточном, западном направлениях от г. Чочур-Муран. Древостой разновозрастной, слабосомкнутый (0,4), низко-

производительный. Высота лиственниц 12–15 м, диаметр ствола 25–28 см, диаметр кроны 5–6 см. Высота берез 8–10 м, диаметр ствола 12–14 см, диаметр кроны 2–3 м. В сложении слабо выраженного подлеска участвуют: *Rosa acicularis* (26), *Spiraea media* (36), *Spiraea salicifolia* L., *Pentaphylloides fruticosa*. В травяно-кустарничковом ярусе (проективное покрытие 60%): *Vaccinium vitis-idaea* (46), *Pyrola rotundifolia* (36), *Equisetum pratense* (16), *Rubus saxatilis*, *Artemisia tanacetifolia*, *A. commutata*, *Galium verum* (16), *Atragene speciosa*, *Ledum palustre*, *Aconitum barbatum* Pers., *Festuca rubra* L., *Agrostis gigantea* Roth. Моховый покров слабо развит, встречаются *Aulacomnium palustre*, *Pleurozium schreberi*, единично лишайники *Usnea hirta*, *Parmelia sulcata*.

Вдоль границы горной и долинной частей ЯБС в местах с проточным увлажнением растут ивы корзиночная – *S. viminalis* L. (*S. gmelinii* Pall.), скрытная – *S. abscondita* Laksch., Бебба – *S. bebbiana*, козья – *S. caprea* L. Они образуют сомкнутые древостои, которые характеризуются почти полным отсутствием подлеска. Всходы и подрост ив обнаруживаются на открытых участках. Травостой сплошной, доминируют *Equisetum silvaticum*, *E. arvense*. Ивы встречаются в различных экотопах надпойменной террасы: вокруг обсыхающих болот и сырых лугов на микроповышениях – *S. pseudopentandra* (B.Floder.) B. Floder. Одиночными кустами *S. brachypoda* Trautv. et C.A. Mey встречается и под пологом леса. На водораздельной части под пологом лиственничных лесов изредка встречается ива тарайкинская (*S. taraiensis*).

### Заключение

В результате проведенного исследования природной территории Якутского ботанического сада выявлены 9 типов лесов, характерных для Центральной Якутии. Из них 3 типа сосняков, 3 – лиственничных, 2 – березовых, 1 – ивовый лес. Среди выявленных 27 видов древесных растений доминирует группа светлохвойных – лесных видов (14). При обследовании состояния ивняков ЯБС в 2006–2007 г. нами не были установлены местопроизрастания *S. rosmarinifolia* L., *S. caprea*, *S. boganidensis*, отмеченных в предыдущие инвентаризации [11, 16]. Дополнительно были установлены местопроизрастания ив, не представленных ранее: *S. viminalis*, *S. dasyclados* Wimm., *S. triandra* L., *S. brachypoda* (Trautv. et C.A. Mey.).

Современная растительность долины Туймаады, в которой располагается г. Якутск, складывается под воздействием ее освоения. В процес-

се инвентаризации лесов долины выяснилось, что 63% насаждений находится на территории предприятий, дачных кооперативов, частных владений [17]. Отсыпка грунтов, вырубка лесов привела к заболачиванию и усыханию растительности. Замусоривание лесов бытовыми и производственными отходами, близость полигона по утилизации твердых бытовых отходов (Вилуйский тракт, 9 км) приводят к антропогенной трансформации видового состава лесных сообществ. Сокращение площадей естественной растительности происходит и вследствие увеличения количества проселочных дорог и, как следствие, уплотнения почвы. Леса ЯБС часто расстроены рубками и пожарами. Бессистемные рубки лиственничных лесов приводят к усилению берез и травяного покрова. Практически не затронуты рубкой фрагментарные лиственные леса, расположенные по наиболее холодным суглинистым понижениям плоскогорья сада.

### Литература

1. Аболин Р.И. Геоботаническое и почвенное описание Лено-Вилуйской равнины // Труды Комиссии по изучению Якутской АССР. Т. 10. – Л.: Изд-во АН СССР, 1929. – 378 с.
2. Шелудякова В.А. Краткий очерк лугов долины р. Лены в пределах Центральной Якутии // Материалы по изучению растительности Якутии. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – С. 139–156.
3. Иванова В.П. О степной растительности в долине средней Лены // Уч. записки ЯГУ. – 1967. – Вып. 17. – С. 11–19.
4. Галактионова Т.Ф. Сезонное развитие ковыльно-тонконогово-житняковой степи на склонах Чучур-Мурана // Интродукция растений в Центральной Якутии. – Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1975. – С.3–33.
5. Бурцева Е.И. Классификация и сезонная динамика степной растительности коренного берега реки Лены // Проблемы экологии Якутии. Биогеографические исследования. – Якутск: Изд-во ЯГУ, 1996. – 164 с.
6. Сосина Н.К., Софронов Р.Р., Шурдук И.Ф. Современное состояние и проблемы охраны растительности окрестностей г. Якутска // Научное обеспечение решения ключевых проблем развития г. Якутска. – Якутск, 2010. – С.190–195.
7. Поздняков Л.К. Гидроклиматический режим лиственничных лесов Центральной Якутии. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 164 с.
8. Щербаков И.П. Введение в типологию средне-таежных лесов Якутии // Исследования растительности и почв в лесах Северо-Востока СССР. – Якутск, 1971. – С.3–33.
9. Тимофеев П.А., Шурдук И.Ф. Состояние и вопросы охраны лесов долины Туймаады // Проблемы экологии Якутии. Биогеографические исследования. – Якутск: Изд-во ЯГУ, 1996. – С. 101–105.

10. Ефимова А.П., Шурдук И.Ф., Сивцева Т.А., Никитин И.А. К классификации лесных сообществ низкой поймы Якутского и Намского участков Средней Лены // Проблемы ботанических и лесоводственных исследований в Республике Саха (Якутия) и Финляндии. – Якутск, 2003. – С. 96–101.

11. Нахабцева С.Ф. Растительность Якутского ботанического сада // Интродукция растений в Центральной Якутии. – М.; Л.: Наука, 1965. – С. 37–44.

12. Чугунов Б.В. Леса Якутии и возможность их отражения в Якутском ботаническом саду // Интродукция растений в Центральной Якутии. – М.; Л.: Наука, 1965. – С. 45–76.

13. Миркин Б.М., Розенберг Г.С. Фитоценология: Принципы и методы. – М.: Наука, 1978. – 212 с.

14. Понятовская А.А. Учет обилия и характера

размещения растений в сообществах // Полевая геоботаника. – М.; Л.: Наука, 1964. Т. 3. – С. 209–285.

15. Данилова Н.С. Предварительные заметки о флоре Якутского ботанического сада и её интродукционной изученности // Ботанические сады – центры изучения и сохранения биоразнообразия. – Якутск, 2011. – Вып. 6. – С. 7–13.

16. Петрова А.Е., Романова А.Ю., Назарова Е.И. Интродукция деревьев и кустарников в Центральной Якутии. – Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2000. – 268 с.

17. Егорова А.А., Ефимова А.П., Захарова В.И. и др. Современное состояние степной растительности на склонах горы Чочур-Мыран (окрестности г. Якутска) // Ботанические сады – центры изучения и сохранения биоразнообразия. – Якутск, 2010. – Вып. 4. – С. 201–209.

Поступила в редакцию 02.10.2014

УДК 556.551 (285.2)(282.256.646)

## Морфометрическая характеристика озер Лено-Амгинского междуречья

Л.А. Ушницкая, Л.А. Пестрякова, Д.А. Субетто, Е.И. Троева

*Представлены результаты морфометрических и морфологических исследований озер Лено-Амгинского междуречья. Охарактеризована лимнологическая структура разнотипных озер на территориях низких (нерасчлененная низкая надпойменная и Сергеляхская), средних (Бестяхская, Тунгюлюнская, Абалахская и Маганская) и высоких (Эмильская) террас бассейна р. Лена. Установлены закономерности распределения морфометрических характеристик 181 озера (площадь водной поверхности, отношения максимальных длины и ширины, коэффициент удлиненности, изрезанности береговой линии, емкости) в пределах рассматриваемых ландшафтов. По морфогенетической классификации И.И. Жиркова изученные озера относились к термокарстовым, эрозионно-термокарстовым, водно-эрозионным, тукулановым и антропогенным типам. Подчеркивается, что во всех выделенных ландшафтах (террасах) преобладали маленкие и малые озера с максимальной глубиной до 3,12 м, по форме очертаний водной поверхности близкие к кругу или овалу со слабоизрезанной береговой линией. Выявлена отличительная особенность гидрографического режима данного региона – изменчивость уровней озер из-за малых глубин.*

Ключевые слова: озеро, морфометрия, морфология, Лено-Амгинское междуречье, глубина, площадь водной поверхности.

*The results of morphometric and morphological studies of the Lena-Amga Interfluve lakes are described. The limnological structure is given for diverse lakes situated on lower (non-differentiated lower above-floodplain terrace and Sergelyakh), middle (Bestyakh, Tungyulyu, Abalakh and Magan) and upper (Emil') terraces of the Lena River basin. Distributional patterns are given for morphometrical parameters (water surface area, maximal length-width ratio, oblongness coefficient, irregularity of shoreline, capacity) of 181 lakes within the studied landscapes. According to morphological classification of I.I. Zhirkov, the studied lakes belong to thermokarst, erosion-thermokarst, water-erosion, tukulan, and anthropogenic types. It is em-*

---

УШНИЦКАЯ Лена Алексеевна – н.с. Российско-Германской лаборатории по изучению экологического состояния Арктики (БиоМ) Северо-Восточного федерального университета, ulena-77@mail.ru; ПЕСТРЯКОВА Людмила Агафьевна – д.г.н., г.н.с. Института естественных наук Северо-Восточного федерального университета, lapest@mail.ru; СУБЕТТО Дмитрий Александрович – д.г.н., проф., директор Института водных проблем Севера Карельского научного центра РАН, subetto@mail.ru; ТРОЕВА Елена Ивановна – к.б.н., н.с. Института биологических проблем криолитозоны СО РАН, etroeva@mail.ru.

10. Ефимова А.П., Шурдук И.Ф., Сивцева Т.А., Никитин И.А. К классификации лесных сообществ низкой поймы Якутского и Намского участков Средней Лены // Проблемы ботанических и лесоводственных исследований в Республике Саха (Якутия) и Финляндии. – Якутск, 2003. – С. 96–101.

11. Нахабцева С.Ф. Растительность Якутского ботанического сада // Интродукция растений в Центральной Якутии. – М.; Л.: Наука, 1965. – С. 37–44.

12. Чугунов Б.В. Леса Якутии и возможность их отражения в Якутском ботаническом саду // Интродукция растений в Центральной Якутии. – М.; Л.: Наука, 1965. – С. 45–76.

13. Миркин Б.М., Розенберг Г.С. Фитоценология: Принципы и методы. – М.: Наука, 1978. – 212 с.

14. Понятовская А.А. Учет обилия и характера

размещения растений в сообществах // Полевая геоботаника. – М.; Л.: Наука, 1964. Т. 3. – С. 209–285.

15. Данилова Н.С. Предварительные заметки о флоре Якутского ботанического сада и её интродукционной изученности // Ботанические сады – центры изучения и сохранения биоразнообразия. – Якутск, 2011. – Вып. 6. – С. 7–13.

16. Петрова А.Е., Романова А.Ю., Назарова Е.И. Интродукция деревьев и кустарников в Центральной Якутии. – Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2000. – 268 с.

17. Егорова А.А., Ефимова А.П., Захарова В.И. и др. Современное состояние степной растительности на склонах горы Чочур-Мыран (окрестности г. Якутска) // Ботанические сады – центры изучения и сохранения биоразнообразия. – Якутск, 2010. – Вып. 4. – С. 201–209.

Поступила в редакцию 02.10.2014

УДК 556.551 (285.2)(282.256.646)

## Морфометрическая характеристика озер Лено-Амгинского междуречья

Л.А. Ушницкая, Л.А. Пестрякова, Д.А. Субетто, Е.И. Троева

*Представлены результаты морфометрических и морфологических исследований озер Лено-Амгинского междуречья. Охарактеризована лимнологическая структура разнотипных озер на территориях низких (нерасчлененная низкая надпойменная и Сергеляхская), средних (Бестяхская, Тунгюлюнская, Абалахская и Маганская) и высоких (Эмильская) террас бассейна р. Лена. Установлены закономерности распределения морфометрических характеристик 181 озера (площадь водной поверхности, отношения максимальных длины и ширины, коэффициент удлиненности, изрезанности береговой линии, емкости) в пределах рассматриваемых ландшафтов. По морфогенетической классификации И.И. Жиркова изученные озера относились к термокарстовым, эрозионно-термокарстовым, водно-эрозионным, тукулановым и антропогенным типам. Подчеркивается, что во всех выделенных ландшафтах (террасах) преобладали маленкие и малые озера с максимальной глубиной до 3,12 м, по форме очертаний водной поверхности близкие к кругу или овалу со слабоизрезанной береговой линией. Выявлена отличительная особенность гидрографического режима данного региона – изменчивость уровней озер из-за малых глубин.*

Ключевые слова: озеро, морфометрия, морфология, Лено-Амгинское междуречье, глубина, площадь водной поверхности.

*The results of morphometric and morphological studies of the Lena-Amga Interfluve lakes are described. The limnological structure is given for diverse lakes situated on lower (non-differentiated lower above-floodplain terrace and Sergelyakh), middle (Bestyakh, Tungyulyu, Abalakh and Magan) and upper (Emil') terraces of the Lena River basin. Distributional patterns are given for morphometric parameters (water surface area, maximal length-width ratio, oblongness coefficient, irregularity of shoreline, capacity) of 181 lakes within the studied landscapes. According to morphological classification of I.I. Zhirkov, the studied lakes belong to thermokarst, erosion-thermokarst, water-erosion, tukulan, and anthropogenic types. It is em-*

УШНИЦКАЯ Лена Алексеевна – н.с. Российско-Германской лаборатории по изучению экологического состояния Арктики (БиоМ) Северо-Восточного федерального университета, ulena-77@mail.ru; ПЕСТРЯКОВА Людмила Агафьевна – д.г.н., г.н.с. Института естественных наук Северо-Восточного федерального университета, lapest@mail.ru; СУБЕТТО Дмитрий Александрович – д.г.н., проф., директор Института водных проблем Севера Карельского научного центра РАН, subetto@mail.ru; ТРОЕВА Елена Ивановна – к.б.н., н.с. Института биологических проблем криолитозоны СО РАН, etroeva@mail.ru.

phasized that all discerned landscapes (terraces) featured prevailing "small" and "lesser" lakes with maximum depth values up to 3.12 m, their shape being nearly circle or ellipse with slightly indented shoreline. The outstanding feature of hydrographic regime of the studied area is variability of lake levels due to small depths.

Key words: lake, morphometry, morphology, Lena-Amga-interfluve, depth, water surface area.

## Введение

Современные озера – элементы географической оболочки Земли, экологические особенности которых обусловлены их географическим положением, характером водосборных территорий и строением озерных котловин. Огромное разнообразие озерных экосистем является итогом выражением природных процессов, присущих озерам как водоемам замедленного стока.

В геолого-геоморфологическом отношении Лено-Амгинское междуречье представляет единое целое, являясь частью Центрально-Якутской низменности, лежащей в провинции Средне-Сибирской плоской возвышенности.

Исследуемая область простирается примерно от 60°55' до 63°22' с.ш., между 129°6' и 134°36' в.д. и включает полностью или частично Намский, Мегинно-Кангаласский, Усть-Алданский, Чурапчинский, Таттинский, Амгинский улусы и г. Якутск. Большинство изученных озер расположены на территории Лено-Амгинского междуречья. В исследовании также вошли озера левобережья Лены.

## Материалы и методы исследования

Материалом для исследований послужили фондовые материалы полевых работ, выполненные в период с 1978 по 2012 г. в рамках тематических планов лаборатории озероведения и кафедры экологии Института естественных

наук СВФУ. В ходе экспедиционных работ были изучены разнотипные озера, расположенные на территории Лено-Амгинского междуречья, а также вошли озера, расположенные на левом берегу р. Лена. В данной статье приводятся материалы из 181 озера, гипсометрическое положение которых находится на высоте от 77 до 266 м над уровнем моря и приурочено к терри-

Распределение озер Лено-Амгинского междуречья по морфологическим и морфометрическим показателям

Название класса	Низкие террасы		Средние террасы				Высокие террасы
	Н*	С	Б	Т	А	М	Э
	n=5	n=9	n=18	n=49	n=66	n=15	n=19
По площади водного зеркала (по П.В. Иванову и И.С. Захаренкову)							
озерки (0,001–0,01 км <sup>2</sup> )	-	-	-	8	6	1	-
маленькие (0,01–0,1 км <sup>2</sup> )	-	1	2	15	26	6	7
малые (0,1–1,0 км <sup>2</sup> )	5	6	11	19	30	7	12
небольшие (1,0–10,0 км <sup>2</sup> )	-	2	5	7	4	1	-
По максимальной глубине (по С.П. Китаеву)							
с очень малой (меньше 3,12 м)	1	5	16	35	54	10	12
с малой (3,12–6,25 м)	3	4	-	10	10	4	5
со средней (6,25–12,5 м)	1	-	2	2	2	1	1
с повышенной (12,5–25 м)	-	-	-	2	-	-	1
По средней глубине (по С.П. Китаеву)							
очень малые (меньше 2 м)	4	8	16	40	60	13	15
малые (2–4 м)	1	1	1	7	6	2	3
средние (4–8 м)	-	-	1	2	-	-	1
По показателю удлиненности (K <sub>удл</sub> )(по С.В. Григорьеву)							
округлой формы (<1,5)	-	1	-	3	4	1	-
близкие к округлой форме (1,5–3)	1	2	8	20	35	9	10
близкие к овальной форме (3–5)	-	-	8	16	15	3	4
овально-удлиненные (5–7)	-	1	2	5	5	2	2
удлиненные (7–10)	1	1	1	3	-	-	1
вытянутые в виде борозды (>10)	3	3	-	2	7	-	2
По степени развития береговой линии							
слабоизрезанные (2,0–6,0)	-	5	12	27	32	8	13
среднеизрезанные (6,1–9,0)	1	1	6	16	23	7	6
сильноизрезанные (>9,1)	4	3	-	6	11	-	1
По показателю емкости							
цилиндр (1,0)	-	-	1	1	1	1	-
полуэллипсоид (2/3)	-	5	9	24	26	7	10
параболоид (1/2)	1	4	8	21	31	6	9
конус (1/3)	4	-	-	3	1	1	-
По происхождению озерной котловины (по И.И. Жиркову)							
термокарстовые	-	4	9	32	26	4	8
водно-эрозионные	5	5	6	6	18	11	4
эрозионно-термокарстовые	-	-	-	9	16	-	5
тукулановые	-	-	3	2	-	-	-
антропогенные	-	-	-	-	6	-	2

\*Здесь и далее обозначены террасы: Н – нерасчлененная низкая надпойменная, С – Сергеляхская, Б – Бестяхская, Т – Тюнгулюнская, А – Абалахская, М – Маганская, Э – Эмильская.

ториям 70 сельских населенных пунктов из шести улусов и г. Якутска Республики Саха (Якутия).

В качестве основных анализируемых морфометрических характеристик были выбраны площадь водного зеркала ( $S_{оз}$ ), максимальная длина ( $L_{макс}$ ), ширина водоема ( $B_{макс}$  и  $B_{ср}$ ). На основе этих данных рассчитывались показатель удлиненности ( $K_{удл} = L_{макс}/B_{ср}$ ) по классификации С.В. Григорьева [3] и степень развития береговой линии ( $A$ ). Классификация изученных озер по площади водного зеркала выполнена по П.В. Иванову [6] и И.С. Захаренкову [5], по средним и максимальным глубинам дана по С.П. Китаеву [7]. Показатель формы озерной котловины или показатель емкости определяется как отношение средней глубины озера максимальной и позволяет сопоставить котловину озера с телами вращения. Для цилиндра это отношение равно 1, для параболоида – 0,68, для конуса – 0,33. Остальные показатели озер были измерены в полевых условиях. Результаты статистического анализа морфологических и морфометрических данных о котловинах изученных озер террас Средней Лены приведены в таблице.

### Результаты и обсуждение

Озеро, являясь природным компонентом гидrogenного генезиса, развивается при значительном влиянии континентальных факторов. Как указывал Г.А. Воробьев, основой ландшафтной типологии малых озер являются тип морфологической структуры и геохимические особенности ландшафта.

Изученные озера по геоморфологическому районированию П.А. Соловьева [9] лежат в пределах низких аккумулятивных террас, в частности, Сергеляхской, с высотой 18–22 м, отметками до 103–107 м. Рельеф поверхности террасы характеризуется сочетанием продолговатых грив и межгривных понижений. Протяженность грив 0,5–2 км, ширина – до 1 км. Относительная высота 2–3 м. Часто встречаются обширные ложбины на месте высохших старичных озер. Отдельные понижения вмещают мелководные зарастающие озера старичного происхождения длиной 1–3 км и шириной 500–800 м. Озерные впадины старичного генезиса соединяются извилистыми узкими низинами (следы древних протоков р. Лены).

В районе слияния рек Лена и Алдан клиньями находится нерасчлененная низкая надпойменная терраса, в пределах которой лежат 5 озер, относящиеся к поселениям Намского улуса.

В пределах средневысотных аккумулятивно-эрозионных террас лежат Бестяхская, Тюнгилюнская, Абалахская и Маганская террасы.

Самой низкой и молодой террасой является

Бестяхская, которая имеет 15–20 км ширины и 56–78 м высоты над уровнем р. Лены. Терраса сложена единообразной толщей мелких песков, бедных криогенными образованиями. Следующая терраса – Тюнгилюнская – имеет 25–40 км ширины и 66–98 м высоты. Верхнюю часть террасы слагают пронизанные жилами льда лессовидные суглинки и супеси, мощность которых составляет 30 м. Отложения Абалахской террасы составляют большую часть Лено-Амгинского междуречья. Ее строение сложно, мощность колеблется от 30 до 100 м [9], в отложениях содержатся косые и вертикальные линзы льда. Аласные формы рельефа широко распространены на Тюнгилюнской и Абалахской террасах.

Для Маганской террасы и аллювиальной равнины характерны значительная эрозионная расчлененность и долинно-аласный рельеф. Глубина вреза сильно разветвленной и сложноветвистой речной сети достигает 80–100 м.

К высоким эрозионным террасам относится Эмильская, высота 194–212 м, отметка 279–297 м. Денудационные равнины, соответствующие Эмильской и более высоким террасам, сильно расчленены и вблизи долин снижены позднейшей денудацией [9].

Изученные озера распределены по территории вышеперечисленных террас не равномерно, что обусловлено особенностями рельефа, геологического строения, подстилающих пород, а также месторасположением населенных пунктов.

Морфометрия озер отражает, с одной стороны, специфику развития котловины, а с другой – процессы, протекающие в водной массе. Поэтому многие лимнологи делали попытки расклассифицировать озера по тому или иному морфометрическому признаку. Г.Ю. Верещагин подчеркивал, что морфометрия важна как при индивидуальной характеристике каждого озера, так и при их сравнительном изучении [2].

Разработаны классификации озер по величинам площадей их водной поверхности, объемам водной массы, средней и максимальной глубинам, по показателям относительной глубины и расчлененности берегов, формы озерной котловины и удлиненности озер.

В качестве основных анализируемых морфометрических характеристик нами выбраны площадь водного зеркала ( $S$ ), максимальная длина ( $L$ ), ширина водоема ( $B$ ). На основе этих данных рассчитывались показатель удлиненности ( $K_y = L/B_{ср}$ ) и степень развития береговой линии:

$$A = \frac{L}{2} * \pi * \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

На основе этих показателей была выполнена первая типизация озер изучаемого региона и выявлены характерные черты, присущие каждой конкретной группе озер по террасам бассейна р. Лена.

На основании классификации озер по величине их водной поверхности среди изученных озер региона можно выделить следующие группы: «озерки» – 8,3%, «маленькие» – 31,5%, «малые» – до 49,7%, а также незначительная группа «небольшие» озера – 10,5%.

В выделенных ландшафтах средних террас, кроме Бестяхской террасы, встречены все четыре группы озер. По площади водной поверхности на всех террасах преобладают «малые» озера (таблица). «Озерки» в большей степени характерны для ландшафтов средних террас.

К относительно крупным озерам можно отнести оз. Дьэбигэ – 5,05 км<sup>2</sup> (с. Хатас), оз. Талапыт – 4,80 км<sup>2</sup> (с. Харыялах) Намского улуса, оз. Балыктах – 4,58 км<sup>2</sup> (с. Балыктах) Мегино-Кангаласского улуса.

Общеизвестно, что большинство озер Лено-Амгинского междуречья мелководны (с глубиной менее 4,8 м) [4, 8]. Максимальная глубина в изученных озерах (181) колебалась от 1,1 до 18,8 м.

Классификация по средним и максимальным глубинам [7] делит озера на 6 групп: с очень малой глубиной (меньше 3,12 м), с малой (3,12–6,25 м), со средней (6,25–12,5 м), с повышенной (12,5–25 м), с большой (25–50 м) и очень большой глубиной (более 50 м). Рассматриваемые озера по максимальной глубине относятся к 4 группам. Большинство из них относятся к группе «с очень малой» – 73,5%, «с малой» – 20%, «со средней» – 5% максимальной глубиной. Озера с повышенной глубиной составляют всего 1,5% (оз. Лыбынтах и оз. Сырдах – по 13 м, оз. Балыктах – 18,8 м).

По соотношению максимальных глубин озера ландшафты средних и высоких террас похожи, где везде преобладают озера с очень малой глубиной (63–89%). На низких террасах озера относительно глубокие, т.е. преобладают «с малой» глубиной (от 3 до 6 м).

Разделение озер С.П. Китаевым по показателям средней глубины следующее: очень малые (меньше 2 м), малые (2–4 м), средние (4–8 м), большие (8–16 м) и очень большие (больше 16 м).

Значения средних глубин в рассматриваемых озерах меняются от 0,4 до 8,0 м. По средней глубине абсолютное большинство их также относятся к «очень малым» – 86,2%, к малым – 11,6% и к средним – всего до 2,2%.

По отдельным террасам существенных различий нет, везде абсолютно доминировали озера со средней глубиной меньше 2 м.

Для всех озер в изучаемых ландшафтах коэффициент удлиненности котловины озер менялся в широких пределах (от 0,5 до 86,1 при среднем значении 5,8). Преобладали озера, близкие к округлой форме (1,5–3) – 47%, им уступали озера, близкие к овальной форме (до 25%). Остальные формы представлены незначительно.

Тенденция распределения озер по показателю удлиненности их котловин во всех изученных средних и высоких террасах похожа и совпадает для каждого конкретного озера. Здесь везде преобладали озера, близкие к овальной и округлой формам. На низких террасах, наоборот, абсолютно доминировали озера вытянутой в виде борозды формы: Сонгою – 43,2 (с. Сыгыннах), Ымыйахтаах – 56,4 (с. Столбы), Усун-Кюель – 79,5 (с. Тумул), Усун-Кюель – 86,1 (с. Сыгыннах) Намского улуса, Усун-Кюель – 80,4 (с. Михайловка) Амгинского улуса. Сами названия у большинства озер, например, «усун» указывают на их удлиненную форму котловин. Как правило, это старичные озера, расположенные по речным системам и, соответственно, наследуют черты речных долин.

Рассчитанные величины по степени развития береговой линии изученных озер колебались от 2,1 до 27,8 при среднем значении 6,6. Минимальное значение, равное 1,0, указывает на абсолютно круглое озеро. В ландшафтах Средней Лены преобладают озера со слабоизрезанной береговой линией (до 53,6%). 33% – это озера со среднеизрезанными берегами, больше характерны для Тюнгилюнской и Абалахской террас. На территории низких нерасчленённых террас (Н) преобладают озера со значительной изрезанностью береговой линии. Особенно выделяются озера Усун-Кюель (с. Тумул) – 22,6, Усун-Кюель – 24,8 (с. Сыгыннах) Намского улуса, на Тюнгилюнской террасе оз. Матта – 20,0.

Необходимо отметить, что основные морфометрические характеристики чаще всего связаны с возрастом озер, т.е. с тем, на какой стадии развития они находятся. Большую роль играют стадии циклических колебаний водообильности, характерные для районов Центральной Якутии.

Происхождение озерной котловины определяет главные типические особенности озера, и поэтому наиболее естественной классификацией является та, которая основывается на происхождении озерных ванн [10]. И.И. Жирковым [4] разработана морфогенетическая классификация озер Центральной Якутии, одного из экстремальных регионов равнинной криолитозоны. При составлении принципиальной схемы классификации озер автор учитывал достаточно обширный перечень показателей и признаков,

включающий рельеф дна, грунты, форму и строение берегов, а также их физические, гидрохимические и биологические параметры. Типы и подтипы озер автор выделял по способу образования котловин и приуроченности водосборов озер к определенным аazonальным и интразональным ландшафтам (типам местности), а группы и подгруппы озер – по их местоположениям в пределах морфологических частей ландшафтов, а также в зависимости от стадий развития озер.

В соответствии с этой классификацией озерные котловины большинства (45,9%) изученных озер относятся к термокарстовому морфогенетическому типу (таблица). Следует отметить, что в данной статье наши озера были объединены только по типам без учета подтипов и групп.

Эрозионно-термокарстовые (19,3%) и водно-эрозионные (27,6%) озера находятся в подчиненном положении. Встречаются на водосборах Бестяхской террасы тукулановые озера (2,8%), находящиеся в межгрядовых понижениях, в котловинах выдувания и в котловинах навевания песков, которые, в свою очередь, являются своеобразными аномальными природными комплексами Якутии [4]. Отдельно выделенные «антропогенные» озера (4,4%), созданные или преобразованные человеком, в основном, находились на водосборе Абалахской и Эмильской террас.

Как отмечалось выше, котловины большинства исследованных озер по своему происхождению относятся к термокарстовым типам, которые образуются вследствие оседания почвы от протаивания мерзлоты и ледового комплекса. Процесс этот накладывает отпечаток и на морфологию озерного ложа.

В лимнологии принято сравнивать форму озерной котловины с геометрическими фигурами [1]. Форма озера в плане характеризует сложность строения котловины. В ходе исследования выделены разнообразные формы озер. Однако большинство озерных котловин относятся к «полуэллипсоидам» и «параблоидам» (45 и 44% соответственно). Однако на практике формы котловин озер не всегда имеют идеальную геометрическую форму. Из характерных морфологических особенностей рельефа дна обследованных нами озер следует отметить чередование мелководных участков с небольшими по величине воронкообразными впадинами; пологие блюдцеобразные днища; ассиметрично-блюдцевидную форму озерного ложа с областью наибольших глубин, расположенных в северной части озер и др.

Рельеф дна с небольшими воронкообразными впадинами вырабатывается вследствие более

интенсивного таяния склонов южной экспозиции в северных частях озер. В случае плоского дна мы имеем, по-видимому, дело со стабильными зрелыми озерами, хотя и небольших размеров. Ровному рельефу дна в значительной степени способствуют иловые отложения, медленно осаждаясь, они нивелируют рельеф и со временем заполняют всю котловину озер.

### Выводы

1. При проведении исследования на территории Лено-Амгинского междуречья изученные озера (181) объединены по геоморфологическому районированию П.А. Соловьева в три группы: озера низких, средних и высоких террас. Внутри этих групп выделены семь подгрупп: озера нерасчлененных низких надпойменных террас, озера Сергеляхской, Бестяхской, Тюнгюлюнской, Абалахской, Маганской и Эмильской террас.

2. Значительная часть озер относится к «маленьким» и «малым» группам с величиной водной поверхности от 0,01 до 1,0 км<sup>2</sup>. Во всех выделенных ландшафтах (террасах) также преобладали эти группы. Большинство озер (73,5%) имеют максимальную глубину до 3,12 м, абсолютное большинство озер (86,2%) – среднюю глубину до 2 м. Наибольшая глубина (от 3,12 и более) встречается очень редко. Следовательно, отличительная особенность гидрографического режима озер данного региона – изменчивость уровней из-за малых глубин.

3. Значительная часть исследуемых озер имеет показатель удлиненности 1,51–4,96 (69%) и по форме очертаний водной поверхности близка к кругу или овалу с показателем развития береговой линии от 2,07 до 5,97 (53,6%). По значению показателя емкости озерной котловины преобладают озера с коэффициентом от 0,35 до 0,50 (45%).

*Работа выполнена за счет средств проектной части НИР ГЗ МОН РФ (задание №5.184.2014/К).*

### Литература

1. Богословский Б.Б. и др. Общая гидрология (гидрология суши). – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 422 с.
2. Верецагин Г.Ю. Методы морфологической характеристики озер // Труды Олонецкой науч. эксп. – 1980. – Ч. II, вып. 1. – 114 с.
3. Григорьев С.В. О некоторых определениях и показателях в озероведении // Труды Карельского филиала АН СССР. – 1959. – Вып. 18.
4. Жирков И.И. Морфогенетическая классификация как основа рационального использования, охраны и воспроизводства природных ресурсов озер

криолитозоны (на примере Центральной Якутии) // Вопросы рационального использования и охраны природных ресурсов разнотипных озер криолитозоны. – Якутск, 1983. – С. 4–47.

5. Захаренков И.С. О лимнологической классификации озер Белоруссии // Биологические основы рыбного хозяйства на внутренних водоемах Прибалтики. – Минск, 1964. – С. 175–176.

6. Иванов П.В. Классификация озер мира по величине и по их средней глубине // Бюллетень ЛГУ. – Л., 1948. – №20. – С. 29–36.

7. Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. – 395 с.

8. Пестрякова Л.А. Закономерности развития и современное состояние озер Якутии (по материалам диатомового анализа донных отложений) // Ноосферизм: арктический взгляд на устойчивое развитие России и человечества в XXI веке: материалы 2-го Международного ноосферного Северного форума, 25–29 ноября 2009 г. – СПб.: Изд-во «Астерион», 2009. – С. 16–38.

9. Соловьев П.А. Криолитозона северной части Лено-Амгинского междуречья. – М., 1959. – 144 с.

10. Теоретические вопросы классификации озер / Под ред. Н.П. Смирнова. – СПб., 1993. – 186 с.

Поступила в редакцию 05.11.2014

УДК 619:616.99 (571.56)

## Паразиты *Leuciscus leuciscus baicalensis* (D.) и *Esox lucius* (L.) среднего течения р. Лена и ее притока Вилюй в экологических условиях антропопрессии

Т.А. Платонов, Н.В. Кузьмина, А.Н. Нюкканов

*Паразиты пресноводных рыб, различные группы беспозвоночных организмов (многие из которых являются первыми промежуточными хозяевами ихтиогельминтов), а также рыбы в течение всего жизненного цикла находятся под прямым влиянием окружающей среды, в том числе загрязняющих веществ, проникающих в водоемы со сточными водами многопрофильных предприятий. Поэтому изучение паразитофауны пресноводных рыб, связанных с многофакторной контаминацией водной среды, можно рассматривать как одно из важнейших направлений исследований, формирующих научную базу экологической оптимизации природопользования. Проведен сравнительный анализ паразитофауны рыб в различных районах среднего течения р. Лена и ее притока Вилюй. В летний сезон 2013 г. исследовано методом полного гельминтологического вскрытия 70 экз. ельцов и 40 экз. щук. В р. Вилюй выявлено увеличение числа паразитов с прямым жизненным циклом и снижение паразитов со сложным жизненным циклом, связанное с высоким уровнем загрязнения отходами горнодобывающей промышленности. Тем самым, в настоящий период при высокой техногенной нагрузке на р. Вилюй наблюдается постепенное снижение степени инвазии рыб плероцеркоидами дифиллоботриид. В конечном итоге это приводит к постепенному разрушению очагов дифиллоботриоза и их затуханию, что имеет важное эпидемиологическое и эпизоотологическое значение. В среднем течении р. Лена в окрестностях г. Якутска зараженность щук плероцеркоидами *Diphyllbothrium latum*, а ельцов жабрными триходинами указывает на загрязнение данного участка реки бытовыми отходами.*

Ключевые слова: паразиты, рыбы, река, зараженность, загрязнения.

*Freshwater fish parasites, various groups of invertebrates (many of which are first intermediate hosts of ichthiohelminths) and fish are under the direct influence of the environment throughout the life cycle, including pollutants penetrating into waters with sewage of diversified industries. Therefore study of freshwater fish parasite fauna associated with multi-factor contamination of the aquatic environment may be considered as one of the most important research direction that forms the scientific basis for optimization of environmental management.*

*A comparative analysis of the fish parasites in various parts of the middle reaches of the Lena river and its tributary Viluy was conducted in summer 2013. 70 pieces of dace and 40 pieces of pike were studied by the*

ПЛАТОНОВ Терентий Афанасьевич – к.б.н., с.н.с. ГНУ «Якутский НИИСХ», ayan1967@mail.ru; КУЗЬМИНА Наталия Васильевна – соискатель ФГБОУ ВПО «Якутская государственная сельскохозяйственная академия»; НЮККАНОВ Аян Николаевич – д.б.н., проф. ФГБОУ ВПО «Якутская государственная сельскохозяйственная академия», prof@sakha.ru ayan1967@mail.ru.

криолитозоны (на примере Центральной Якутии) // Вопросы рационального использования и охраны природных ресурсов разнотипных озер криолитозоны. – Якутск, 1983. – С. 4–47.

5. Захаренков И.С. О лимнологической классификации озер Белоруссии // Биологические основы рыбного хозяйства на внутренних водоемах Прибалтики. – Минск, 1964. – С. 175–176.

6. Иванов П.В. Классификация озер мира по величине и по их средней глубине // Бюллетень ЛГУ. – Л., 1948. – №20. – С. 29–36.

7. Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. – 395 с.

8. Пестрякова Л.А. Закономерности развития и современное состояние озер Якутии (по материалам диатомового анализа донных отложений) // Ноосферизм: арктический взгляд на устойчивое развитие России и человечества в XXI веке: материалы 2-го Международного ноосферного Северного форума, 25–29 ноября 2009 г. – СПб.: Изд-во «Астерион», 2009. – С. 16–38.

9. Соловьев П.А. Криолитозона северной части Лено-Амгинского междуречья. – М., 1959. – 144 с.

10. Теоретические вопросы классификации озер / Под ред. Н.П. Смирнова. – СПб., 1993. – 186 с.

Поступила в редакцию 05.11.2014

УДК 619:616.99 (571.56)

## Паразиты *Leuciscus leuciscus baicalensis* (D.) и *Esox lucius* (L.) среднего течения р. Лена и ее притока Вилюй в экологических условиях антропопрессии

Т.А. Платонов, Н.В. Кузьмина, А.Н. Нюкканов

*Паразиты пресноводных рыб, различные группы беспозвоночных организмов (многие из которых являются первыми промежуточными хозяевами ихтиогельминтов), а также рыбы в течение всего жизненного цикла находятся под прямым влиянием окружающей среды, в том числе загрязняющих веществ, проникающих в водоемы со сточными водами многопрофильных предприятий. Поэтому изучение паразитофауны пресноводных рыб, связанных с многофакторной контаминацией водной среды, можно рассматривать как одно из важнейших направлений исследований, формирующих научную базу экологической оптимизации природопользования. Проведен сравнительный анализ паразитофауны рыб в различных районах среднего течения р. Лена и ее притока Вилюй. В летний сезон 2013 г. исследовано методом полного гельминтологического вскрытия 70 экз. ельцов и 40 экз. щук. В р. Вилюй выявлено увеличение числа паразитов с прямым жизненным циклом и снижение паразитов со сложным жизненным циклом, связанное с высоким уровнем загрязнения отходами горнодобывающей промышленности. Тем самым, в настоящий период при высокой техногенной нагрузке на р. Вилюй наблюдается постепенное снижение степени инвазии рыб плероцеркоидами дифиллоботриид. В конечном итоге это приводит к постепенному разрушению очагов дифиллоботриоза и их затуханию, что имеет важное эпидемиологическое и эпизоотологическое значение. В среднем течении р. Лена в окрестностях г. Якутска зараженность щук плероцеркоидами *Diphyllbothrium latum*, а ельцов жабрными триходинами указывает на загрязнение данного участка реки бытовыми отходами.*

Ключевые слова: паразиты, рыбы, река, зараженность, загрязнения.

*Freshwater fish parasites, various groups of invertebrates (many of which are first intermediate hosts of ichthiohelminths) and fish are under the direct influence of the environment throughout the life cycle, including pollutants penetrating into waters with sewage of diversified industries. Therefore study of freshwater fish parasite fauna associated with multi-factor contamination of the aquatic environment may be considered as one of the most important research direction that forms the scientific basis for optimization of environmental management.*

*A comparative analysis of the fish parasites in various parts of the middle reaches of the Lena river and its tributary Viluy was conducted in summer 2013. 70 pieces of dace and 40 pieces of pike were studied by the*

ПЛАТОНОВ Терентий Афанасьевич – к.б.н., с.н.с. ГНУ «Якутский НИИСХ», ayan1967@mail.ru; КУЗЬМИНА Наталия Васильевна – соискатель ФГБОУ ВПО «Якутская государственная сельскохозяйственная академия»; НЮККАНОВ Аян Николаевич – д.б.н., проф. ФГБОУ ВПО «Якутская государственная сельскохозяйственная академия», prof@sakha.ru ayan1967@mail.ru.

method of full helminth break up. In the Viluy river the increased number of parasites with a direct life cycle and the reduced number of parasites with a complex life cycle determined by high pollution by mining wastes were revealed. Thus, currently under high industrial pressure on the Viluy river a gradual decrease in the degree of invasion of fish with diphyllbothriid plerocercoids is observed. Ultimately, this leads to the gradual destruction of the centers of diphyllbothriasis and their dying out which is of epidemiological and epizootic significance. In the middle reaches of the Lena river in the vicinity of Yakutsk the infection of pike with *Diphyllbothrium latum* plerocercoids and that of dace with gill *Trichodina* denotes the contamination of this part of the river with household wastes.

Key words: parasites, fish, river, contamination, pollution.

В настоящее время на территории республики в разной степени загрязненными являются бассейны всех основных рек, особенно в зонах добычи полезных ископаемых и на урбанизированных территориях. Качество поверхностных вод оценивается чаще всего как «умеренно загрязненные воды» и «грязные воды», в условиях влияния промышленных зон – как «очень грязные воды» [1].

Современное экологическое состояние бассейна р. Лена, связанное с возрастающим антропогенным воздействием, требует оценки и прогнозирования происходящих в них изменений. Необходимость такого рода исследований связана с огромной значимостью Ленского бассейна, прежде всего, как рыбохозяйственного и транспортного водоема. В этом отношении левый приток р. Лена – р. Вилюй, где ведется усиленная разработка полезных ископаемых, является удобной моделью для рассмотрения влияния антропогенного воздействия на экосистему в современных условиях. Для этого нами исследована и произведена попытка сделать сравнительный анализ состава и структуры паразитофауны щуки и ельца среднего течения р. Лена и среднего течения р. Вилюй. Для оценки состояния водной экосистемы данного бассейна нами использован ихтиопаразитологический метод исследования. Преимущество паразитарных объектов перед другими биологическими тест-объектами заключается в том, «что паразиты аккумулируют в себе все изменения, происходящие в водоеме, и более полно, чем другие гидробионты» и поэтому могут служить более показательным объектом оценки состояния бассейна реки [2, с. 7].

Целью данных исследований явилась оценка состояния паразитофауны наиболее распространенных рыб Ленского бассейна в современных экологических условиях под влиянием антропопрессии. В задачи исследования входило:

– выявить современный состав и структуру паразитофауны ельца и щуки среднего течения рек Лена и Вилюй;

– сравнить паразитофауну ельца и щуки из среднего течения рек Лена и Вилюй, отличаю-

щихся по степени техногенной нагрузки на них;

– оценить возможное влияние антропогенного воздействия на изменение биоразнообразия паразитарных систем Ленского бассейна.

### Материалы и методы

Для оценки состояния паразитофауны рыб Ленского бассейна в современных экологических условиях нами в летний сезон 2013 г. в среднем течении р. Вилюй (Верхневилуйский район) и в среднем течении р. Лена (г. Якутск) исследовано методом полного гельминтологического вскрытия 70 экз. ельцов и 40 экз. щук.

В результате проведенных нами исследований у ельца р. Вилюй обнаружено 4 вида паразитов: из них моногенеи – 2 вида (*Dactulogyrus sp.* 48,5%, *Gyrodactylus sp.* 17,1%), трематоды – 1 (*Allocreadium isoporum* 31,4%) и нематоды – 1 вид (*Rhabdochona denudate* 25,7%) (табл. 1).

Паразитофауна щуки р. Вилюй по нашим данным состоит из 8 видов: среди них 2 вида миксоспоридий (*Chloromyxum dubium* 60,0%,

Таблица 1

Зараженность *Leuciscus leuciscus baicalensis* (Dybowski, 1874), %

Название паразита	р. Вилюй (исследовано 35 экз.)			р. Лена (исследовано 35 экз.)		
	количество зараженных	ЭИ	ИИ	количество зараженных	ЭИ	ИИ
<i>Trichodinella epizootica</i>	-	-	-	13	37,1	+
<i>Dactulogyrus sp.</i>	17	48,5	13,0±7,0	4	11,4	2,3±0,6
<i>Gyrodactylus sp.</i>	6	17,1	22,3±2,0	-	-	-
<i>Allocreadium isoporum</i>	11	31,4	15,0±2,3	8	22,8	2,7±0,3
<i>Proteocephalus torulosus</i>	-	-	-	21	60,0	14,6±1,2
<i>Rhabdochona denudate</i>	9	25,7	2,8±0,3	10	28,5	12,0±0,7
<i>Neoechinorhynchus rutili</i>	-	-	-	12	34,2	10,0±1,4
<i>Ergasilus sieboldi</i>	-	-	-	3	8,5	2,0±1,0

Таблица 2

Зараженность *Esox lucius* (Linnaeus, 1758), %

Название паразита	р. Вилюй (исследовано 20 экз.)			р. Лена (исследовано 20 экз.)		
	количество зараженных	ЭИ	ИИ	количество зараженных	ЭИ	ИИ
<i>Chloromyxum dubium</i>	12	60,0	+	3	12,0	+
<i>Myxidium lieberkuehni</i>	7	35,0	+	-	-	-
<i>Tetraonchus monenteron</i>	13	65,0	13,0±3,0	2	10,0	8,1±1,9
<i>Azygia robusta</i>	1	5,0	1±0	2	10,0	2,7±0,3
<i>Trienophorus nodulosus</i>	3	12,0	3,5±0,1	17	85,0	13,0±3,0
<i>Diphyllobothrium latum</i>	-	-	-	7	35	2,6±0,9
<i>Raphidascaris acus</i>	5	25,0	9,0±1,0	12	60,0	14,0±1,2
<i>Camallanus lacustris</i>	6	30,0	5,5±1,5	11	55,0	16,0±3,5
<i>Neoechinorhynchus rutili</i>	2	10,0	2,0±1,0	9	45,0	12,0±0,7

*Myxidium lieberkuehni* 35,0%), 1 вид моногений (*Tetraonchus monenteron* 65,0%), 1 вид цестод (*Trienophorus nodulosus* 12,0%), 1 вид трематод (*Azygia robusta* 5,0%), 2 вида нематод (*Raphidascaris acus* 25,0%, *Camallanus lacustris* 30,0%) и 1 вид скребней (*Neoechinorhynchus rutili* 10,0%) (табл. 2).

В среднем течении р. Лена у ельца обнаружено 7 видов паразитов. Из них триходины – 1 вид (*Trichodinella epizootica* 37,1%) моногенеи – 1 (*Dactulogyrus sp.* 11,4%), трематоды – 1 (*Allocreadium isoporum* 22,8%), цестоды – 1 (*Proteocephalus torulosus* 60,0%), нематоды – 1 (*Rhabdochona denudate* 28,5%), скребни – 1 (*Neoechinorhynchus rutili* 34,2%) и паразитические ракообразные – 1 вид (*Ergasilus sieboldi* 8,5%) (табл. 1).

У щуки на р. Лена выявлено 8 видов паразитов, в том числе 1 вид микоспоридий (*Chloromyxum dubium* 12,0%), 1 вид моногений (*Tetraonchus monenteron* 10,0%), 2 вида цестод (*Trienophorus nodulosus* 85,0%, *Diphyllobothrium latum* 35,0%), 1 вид трематод (*Azygia robusta* 10,0%), 2 вида нематод (*Raphidascaris acus* 60,0%, *Camallanus lacustris* 55,0%) и 1 вид скребней (*Neoechinorhynchus rutili* 45,0%) (табл. 2).

При сравнении паразитофауны ельца, выловленного в районе среднего течения р. Вилюй и среднего течения р. Лена, отмечены некоторые особенности. Большая экстенсивность инвазии ельца паразитами с прямым циклом развития

моногениями *Dactulogyrus sp.* 48,5%, *Gyrodactylus sp.* 17,1% на р. Вилюй, на наш взгляд, связана с более высоким уровнем загрязнения этого района, так как увеличение числа видов с прямым циклом развития, куда относятся моногенеи, является отличительной чертой эвтрофированного водоема [3].

Зараженность ельца жаберными триходинами *Trichodinella epizootica* 37,1% отмечается на протоках р. Лена в районе г. Якутска. Это связано со значительным загрязнением стоячих проток и рукавов реки коммунальными отходами, так как высокое содержание органики является благоприятным субстратом для бактерий, а последние, в свою очередь, – пищей триходин [4]. Кроме того, триходины могут служить хорошими индикаторами загрязнения водной среды водорастворимыми фракциями нефти [5–7], что так же явилось причиной более высокого уровня зараженности ими ельца в районе г. Якутска как в районе, наиболее загрязненном сточными отходами.

При сравнении паразитофауны щуки, выловленной из рек Лена и Вилюй, нами были отмечены следующие особенности. Обнаружена высокая зараженность щуки р. Лена гельминтами со сложным циклом развития, такими как цестоды *Trienophorus nodulosus* 85,0%, *Diphyllobothrium latum* 35,0%, нематоды *Raphidascaris acus* 60,0%, *Camallanus lacustris* 55,0% и скребень *Neoechinorhynchus rutili* 45,0%, тогда как зараженность щуки в р. Вилюй цестодой *Trienophorus nodulosus* составила лишь 12%, нематодами *Raphidascaris acus* 25,0%, *Camallanus lacustris* 30,0% и скребнем *Neoechinorhynchus rutili* 10%, а плероцеркоиды дифиллоботриид нами не обнаружены. На наш взгляд, это связано с особенностями биотопов р. Лена, богатой зоопланктоном, которые являются промежуточными хозяевами. Наличие у щуки плероцеркоидов широкого лентеца связано с фекальным загрязнением р. Лена в районе г. Якутска.

В результате обследования 70 экз. ельца и 40 экз. щуки обнаружено 9 видов паразитов у ельца и 9 видов у щуки.

Проведен сравнительный анализ паразитофауны рыб в различных районах среднего течения бассейна р. Лена, отличающегося по уровню промышленного загрязнения. В р. Вилюй увеличение числа паразитов с прямым жизненным циклом и снижение паразитов со сложным жизненным циклом связаны с более высоким уровнем загрязнения отходами горнодобывающей промышленности. Тем самым, в настоящий период при высокой техногенной нагрузке на р. Вилюй наблюдается постепенное снижение степени инвазии рыб плероцеркоидами дифил-

лоботриид. В конечном итоге это приводит к постепенному разрушению очагов дифиллоботриоза и их затуханию, что имеет важное эпидемиологическое и эпизоотологическое значение.

В среднем течении р. Лена зараженность щук плероцеркоидами *Diphyllobothrium latum*, а ельцов жаберными триходинами указывает на загрязнение данного участка реки бытовыми отходами.

#### Литература

1. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды РС(Я) в 2006 г. – Якутск, 2007. – 184 с.
2. Богданова Е.А. Паразитофауна и заболевания рыб крупных озер Северо-Запада России в период антропогенного преобразования их экосистем. – СПб, 1995. – 140 с.
3. Румянцев Е.А. К изучению видового разнообразия паразитов рыб Ладожского озера // Экологиче-

ское состояние рыбохозяйственных водоемов бассейна Балтийского моря ( в пределах Финского залива). – СПб., 1993. – С. 68–69.

4. Банина Н.Н. Сидячие перитрихии как паразиты и комменсалы рыб // Паразитология. – 1981. – Вып. 3, т. 15. – С. 251–258.

5. Колесникова И.Я. Экология и фауна паразитических простейших рыб Рыбинского и Шекстинского водохранилищ: дис. ... канд. биол. наук. – Борок, 1996. – 266 с.

6. Lom J., Lairid M., 1969. Parasitic protozoa from marine and enryholine fish of Newfoundland and New Brunswick. I Peritrichous ciliates // Canadian Journal of Zoology. – 47. – P. 1367–1380.

7. Khan R.A., 1990. Parasitism in marine fish after chronic exposure to petroleum hydrocarbons in the laboratory and to the Exxon Valdez oil spill // Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 44. – P. 759–763.

Поступила в редакцию 22.11.2014

УДК 574.5

## Структурные показатели зоопланктонных сообществ разнотипных водоемов дельты р. Лены

Г.Р. Нигаматзянова, Л.А. Фролова, Л.А. Ушницкая

*Пресноводные экосистемы арктических регионов России в последнее время привлекают все большее внимание из-за изменения климата и глобального потепления, что может привести к смещению или уменьшению ареалов распространения животных, населяющих арктические регионы. Цель данной работы – выявить структурные показатели зоопланктонных сообществ разнотипных водоемов дельты р. Лены. Приведены предварительные результаты исследований зоопланктонных сообществ разнотипных водоемов дельты р. Лены. Анализ структурных характеристик зоопланктонных сообществ показал, что для зоопланктона озер и проток дельты р. Лены характерны относительно небогатое видовое разнообразие и низкие количественные показатели, что типично для бедных биогенными элементами слабоминерализованных водоемов арктической зоны. По эколого-фаунистической характеристике зоопланктонные сообщества имеют смешанный характер, с преобладанием по количеству видов космополитных и эвритопных видов, но доминированием в количественных отношениях видов, характерных для северных водоемов (*Kellicotia longispina* (Kellicot, 1879), (*Eudiaptomus graciloides* (Lilljeborg, 1888)). Согласно оценке качества вод на основе зоопланктона, большинство исследованных разнотипных водоемов можно отнести к категории чистых, олигосапробных. По уровню трофности водоемы оцениваются как олиготрофные.*

Ключевые слова: зоопланктонные сообщества, арктические водоемы, оценка качества вод, дельта р. Лены.

*Fresh water ecosystems of the Arctic regions of Russia have recently attracted significant attention due to climate change and global warming which may result in shift or decrease of home ranges of animals*

НИГАМАТЗЯНОВА Гульнара Ришатовна – инженер Института фундаментальной медицины и биологии ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», gulnaraniga@mail.ru; ФРОЛОВА Лариса Александровна – к.б.н., доцент Института фундаментальной медицины и биологии ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», larissa.frolova@mail.ru; УШНИЦКАЯ Лена Алексеевна – н.с. Российско-Германской лаборатории по изучению экологического состояния Арктики (БиоМ) Северо-Восточного федерального университета, ulena-77@mail.ru.

лоботриид. В конечном итоге это приводит к постепенному разрушению очагов дифиллоботриоза и их затуханию, что имеет важное эпидемиологическое и эпизоотологическое значение.

В среднем течении р. Лена зараженность щук плероцеркоидами *Diphyllobothrium latum*, а ельцов жаберными триходинами указывает на загрязнение данного участка реки бытовыми отходами.

#### Литература

1. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды РС(Я) в 2006 г. – Якутск, 2007. – 184 с.
2. Богданова Е.А. Паразитофауна и заболевания рыб крупных озер Северо-Запада России в период антропогенного преобразования их экосистем. – СПб, 1995. – 140 с.
3. Румянцев Е.А. К изучению видового разнообразия паразитов рыб Ладожского озера // Экологиче-

ское состояние рыбохозяйственных водоемов бассейна Балтийского моря ( в пределах Финского залива). – СПб., 1993. – С. 68–69.

4. Банина Н.Н. Сидячие перитрихии как паразиты и комменсалы рыб // Паразитология. – 1981. – Вып. 3, т. 15. – С. 251–258.

5. Колесникова И.Я. Экология и фауна паразитических простейших рыб Рыбинского и Шекстинского водохранилищ: дис. ... канд. биол. наук. – Борок, 1996. – 266 с.

6. Lom J., Lairid M., 1969. Parasitic protozoa from marine and enryholine fish of Newfoundland and New Brunswick. I Peritrichous ciliates // Canadian Journal of Zoology. – 47. – P. 1367–1380.

7. Khan R.A., 1990. Parasitism in marine fish after chronic exposure to petroleum hydrocarbons in the laboratory and to the Exxon Valdez oil spill // Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 44. – P. 759–763.

Поступила в редакцию 22.11.2014

УДК 574.5

## Структурные показатели зоопланктонных сообществ разнотипных водоемов дельты р. Лены

Г.Р. Нигаматзянова, Л.А. Фролова, Л.А. Ушницкая

*Пресноводные экосистемы арктических регионов России в последнее время привлекают все большее внимание из-за изменения климата и глобального потепления, что может привести к смещению или уменьшению ареалов распространения животных, населяющих арктические регионы. Цель данной работы – выявить структурные показатели зоопланктонных сообществ разнотипных водоемов дельты р. Лены. Приведены предварительные результаты исследований зоопланктонных сообществ разнотипных водоемов дельты р. Лены. Анализ структурных характеристик зоопланктонных сообществ показал, что для зоопланктона озер и проток дельты р. Лены характерны относительно небогатое видовое разнообразие и низкие количественные показатели, что типично для бедных биогенными элементами слабоминерализованных водоемов арктической зоны. По эколого-фаунистической характеристике зоопланктонные сообщества имеют смешанный характер, с преобладанием по количеству видов космополитных и эвритопных видов, но доминированием в количественных отношениях видов, характерных для северных водоемов (*Kellicotia longispina* (Kellicot, 1879), (*Eudiatomus graciloides* (Lilljeborg, 1888)). Согласно оценке качества вод на основе зоопланктона, большинство исследованных разнотипных водоемов можно отнести к категории чистых, олигосапробных. По уровню трофности водоемы оцениваются как олиготрофные.*

Ключевые слова: зоопланктонные сообщества, арктические водоемы, оценка качества вод, дельта р. Лены.

*Fresh water ecosystems of the Arctic regions of Russia have recently attracted significant attention due to climate change and global warming which may result in shift or decrease of home ranges of animals*

НИГАМАТЗЯНОВА Гульнара Ришатовна – инженер Института фундаментальной медицины и биологии ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», gulnaraniga@mail.ru; ФРОЛОВА Лариса Александровна – к.б.н., доцент Института фундаментальной медицины и биологии ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», larissa.frolova@mail.ru; УШНИЦКАЯ Лена Алексеевна – н.с. Российско-Германской лаборатории по изучению экологического состояния Арктики (БиоМ) Северо-Восточного федерального университета, ulena-77@mail.ru.

*inhabiting the Arctic. The object of this study is to reveal structural parameters of zooplankton communities of various water bodies in the Lena River Delta. The preliminary results of zooplankton communities studies of different water bodies types of the Lena River Delta are presented. The Arctic zone lakes are poor of biogenic elements and low mineralized. According to structural characteristics zooplankton has low biodiversity and low quantitative characteristic. Zooplankton communities have a mixed type of habitat characteristics, with prevalence of cosmopolitan and eurytopic species, but species typical for northern waters are dominant quantitatively (*Kellicotia longispina* (Kellicot, 1879), (*Eudiaptomus graciloides* (Lilljeborg, 1888)). According to the assessment of water quality the water bodies are clean, oligosaprobic and oligotrophic.*

**Key words:** zooplankton communities, arctic lakes, assessment of water quality, the Lena River Delta.

Лена – крупнейшая река Северо-Восточной Сибири, впадающая в море Лаптевых. С выносом водами р. Лены огромного количества наносов связано образование и развитие дельты. Дельта р. Лены – уникальный природный объект с многочисленными островами, протоками и озерами, одна из самых больших речных дельт в мире общей площадью 45 тыс. км<sup>2</sup> [1]. Территория дельты р. Лены является ценным особо охраняемым природным объектом. В её дельте расположен крупнейший российский Усть-Ленский государственный природный заповедник, который является природоохранным, научно-исследовательским и эколого-просветительским учреждением федерального значения, имеющим целью сохранение и изучение естественного хода природных процессов и явлений, протекающих в арктических и субарктических тундрах низовьев р. Лены и примыкающей акватории моря Лаптевых, а также Новосибирских островов, и разработку основ восстановления и рациональной эксплуатации биологических ресурсов Севера Республики Саха (Якутия), генетического фонда растительного и животного мира, отдельных видов и сообществ растений и животных, типичных и уникальных экологических систем [2].

Наличие многолетней мерзлоты на Край-

нем Севере объясняет заболоченность островов дельты и огромное количество водоемов, на которые приходится пятая часть этого участка заповедника [3]. Для всестороннего изучения структуры и функционирования водных экосистем данного природного объекта и возможности прогнозирования воздействия изменений климата на их состояние, в дельте р. Лены проводятся комплексные гидрологические и гидробиологические работы. Так, материалом для данной работы послужили пробы зоопланктона, отобранные в ходе Международной научной

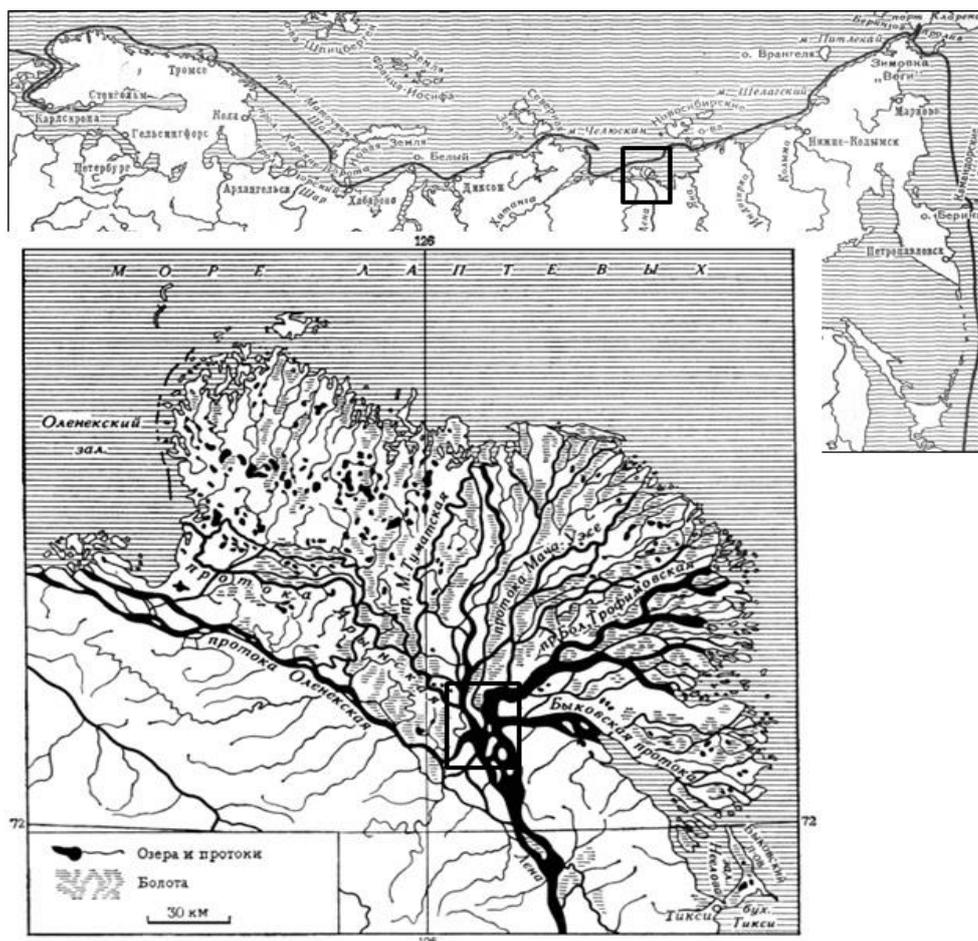


Рис. 1. Карта-схема района исследований

экспедиции «Лена дельта–2013» на основных протоках (Трофимовская, Быковская, Оленекская, Туматская, Булкурская) и главном русле р. Лены, а также с термокарстового озера о. Самойловский в южной части дельты (рис. 1).

Отбор проб зоопланктона производился путем фильтрации 50–100 л воды через малую сеть Апштейна (размер ячеек 1100  $\mu\text{m}$ ) и дальнейшей фиксации 40% раствором формальдегида. Камеральная обработка проб производилась, согласно общепринятым методикам, с использованием микроскопов «Микромед–1 вар. 1–20», «Микромед МС–2-ZOOM вар 1CR» при увеличении 40–100 [4, 5]. Расчет биомассы организмов проводился с использованием таблиц реконструированных весов [6]. Для характеристики зоопланктонных сообществ и оценки качества вод был рассчитан ряд статистических и биотических индексов и показателей, а именно: индекс видового разнообразия Шеннона-Уивера [7], индекс сапробности Пантле и Букка в модификации Сладечека [8], индекс сапробности на основе видов-индикаторов Зелинке и Марвана [9], индекс трофности Китаева [10]. Изучена эколого-фаунистическая характеристика доминантных видов зоопланктона.

Согласно результатам гидрохимических исследований, водоемы дельты р. Лены характеризуются ультрамалой минерализацией, высоким содержанием растворенного в воде кислорода, преобладанием гидрокарбонатно-кальциевых ионов, низкими концентрациями растворенных микроэлементов и биогенных элементов; значения водородного показателя (pH) меняются от нейтральных до слабощелочных; воды бесцветны или их цветность не превышает 10 градусов цветности. Протоки дельты характеризуются специфическим характером в перераспределении водного стока, стока наносов, скорости течения [11].

Зоопланктон дельты р. Лены имеет смешанный характер: в составе зоопланктона встречаются как реофильные, так и лимнофильные таксоны. На озерные комплексы гидробионтов оказывают свое влияние зоопланктонные сообщества проток в периоды частых повышений уровня воды [12]. Так, в составе проток дельты обнаружено 34 вида зоопланктона, из них приблизительно в равных соотношениях представлены как планктонные пелагические (*Kellicotia longispina* (Kellikot, 1879)), (*Bosmina longirostris* (Muller, 1785)), так и литоральные (*Canthocamptus glacialis* (Lilljeborg, 1902)) виды. Наиболее разнообразно в видовом отношении были представлены семейства Brachionidae из коловраток, Cyclopidae из подкл. Copepoda и Bosminidae из отр. Cladocera. В отношении видового богатства

отмечено существенное преобладание коловраток (17 видов) над видами низших ракообразных: 9 видов ветвистоусых и 8 видов веслоногих ракообразных.

По частоте встречаемости на протоках доминировали коловратки *K. longispina* и *Keratella cochlearis* (Gosse, 1851). Данные виды являются постоянными компонентами арктических озер, расположенных на островах дельты [13], что указывает на их лучшую приспособленность к суровым условиям обитания в арктической зоне. Из низших ракообразных по частоте встречаемости можно отметить виды *Chydorus sphaericus* (Muller, 1785), *Bosmina longispina* (Leydig, 1861) из отр. Cladocera и неполовозрелые стадии развития видов подкл. Copepoda.

По эколого-фаунистической характеристике зоопланктона на протоках дельты р. Лены преобладают виды-космополиты (22 вида), меньше представителей, характерных для Палеарктики (*B. longispina* и др.) (6 видов) и Голарктики (*K. longispina* и др.) (4 вида).

В составе зоопланктона термокарстового озера о. Самойловский зафиксировано 40 видов. Из них 25 видов коловраток, 8 видов ветвистоусых и 7 видов веслоногих ракообразных. Из трех основных групп зоопланктона наибольшее таксономическое разнообразие семейств отмечено для коловраток (рис. 2). По видовому разнообразию выделялись семейства Lecanidae из типа Rotifera, Chydoridae из отр. Cladocera, Cyclopidae из подкл. Copepoda.

По частоте встречаемости доминантами среди зоопланктонных организмов оказались коловратки *Conochilus unicornis* (Rousselet, 1892), *K. longispina*, *K. cochlearis*, а также науплиальные и копеподитные стадии развития веслоногих ракообразных.

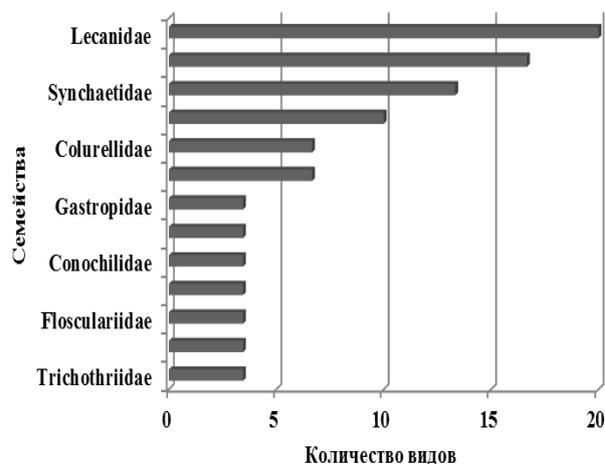


Рис. 2. Видовое разнообразие отдельных семейств типа Rotifera в термокарстовом озере дельты р. Лены

По эколого-фаунистической характеристике зоопланктона в озере преобладают виды-космополиты (19) над палеарктическими (10) и голарктическими (8) видами. По биотопическому предпочтению в зоопланктоне озера шире представлены эвритопные (*K. cochlearis*) виды, в равных соотношениях отмечены планктонные и литоральные.

Количественные показатели зоопланктона (численность и биомасса) проток дельты характеризуются как низкие, что типично для арктических водоемов [14]. Значения численности с проток колебались от 0,04 до 0,34 тыс. экз./м<sup>3</sup> ( $M \pm m$  0,11 $\pm$ 0,02 тыс. экз./м<sup>3</sup>), значения биомассы – от 0,61 до 7,81 мг/м<sup>3</sup> ( $M \pm m$  2,25 $\pm$ 0,1 мг/м<sup>3</sup>).

Численность зоопланктоны на протоках определялась коловратками (*Notholca* spp., *Euchlanis* spp.). Биомассу же обуславливали немногочисленные крупные веслоногие ракообразные *Mesocyclops leuckarti* (Claus, 1857) и *Bosmina obtusirostris* (Sars, 1862) из отр. Cladocera.

Зоопланктонные сообщества Булкурской протоки отличались более высокими количественными показателями гидробионтов, что объясняется специфическими гидрологическими особенностями данной протоки, более благоприятными условиями для развития зоопланктонных организмов, а именно уменьшением скорости течения и аккумуляцией органического вещества [15]. Минимальные значения показателей зоопланктона отмечены в пробах с главного створа дельты, где, напротив, наблюдаются повышение скорости течения воды и увеличение взвеси минеральных частиц, что отрицательно влияет на развитие зоопланктонных организмов.

Количественные показатели зоопланктона озера намного выше по сравнению с показателями зоопланктона с проток дельты, что объясняется разницей в гидрологических и температурных режимах рассматриваемых водоемов. Так, численность зоопланктона озера, обуславливаемая коловратками (*K. longispina*), составила в среднем 178 тыс. экз./м<sup>3</sup>, что более чем в 10 раз выше показателей зоопланктона с водотоков; среднее значение биомассы, определяемое копеподами (*Eudiaptomus graciloides* (Lilljeborg, 1888)), составило 1,2 г/м<sup>3</sup>. По оценке качества вод водоемы дельты в большинстве случаев характеризуются как чистые, олигосапробные с отклонением в  $\beta$ -мезосапробную зону. Трофический статус большинства исследованных водоемов и водотоков оценен как олиготрофный (таблица).

Оценка качества вод на основе зоопланктона вод проток дельты р. Лены

Значение показателя	Минимум	Среднее (M)	Максимум	Медиана	Стандартное отклонение	Ошибка средней (m)
Индекс видового разнообразия Шеннона-Уивера, по численности/биомассе	2/1,10	2,9/1,84	3,5/3,01	3/1,90	0,4/0,47	0,1/0,10
Индекс сапробности по Пантле и Букку	1,32	1,52	1,73	1,50	0,12	0,03
Индекс Китаева	0,001	0,003	0,010	0,002	0,002	0,001

Таким образом, анализ структурных характеристик зоопланктонных сообществ разнотипных водоемов показал, что для зоопланктонных сообществ дельты р. Лены характерны относительно низкие видовое разнообразие и количественные показатели. По эколого-фаунистической характеристике сообщества имеют смешанный характер с преобладанием по количеству видов космополитных и эвритопных видов, но доминированием в количественных отношениях видов, характерных для северных водоемов.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности, за счет гранта ОИЛ №14-07, за счет средств проектной части НИР ГЗ МОН РФ (задание № 5.184.214/К).

#### Литература

1. Мостахов С.Е. Озерность криолитозоны СССР. Подземные воды криолитозоны. 2-я Международная конференция по мерзлотоведению. – Якутск: Кн. изд-во, 1973. – Вып. 5. – С. 118–120.
2. Дежкин В.В. В мире заповедной природы. – М.: Советская Россия, 1989. – 256 с.
3. Антонов В.С. Устьевая область реки Лены. – Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1967. – 107 с.
4. Жадин В.И. Методы гидробиологического исследования. – М.: Высшая школа, 1960. – 191 с.
5. Константинов А.С. Общая гидробиология: учебное пособие для студентов спец. вуз. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1986. – 472 с.
6. Балушкина Е.В., Винберг Г.Г. Зависимость между массой и длиной тела у планктонных животных // Общие основы изучения водных экосистем. – Л.: Наука, 1979. – С. 169–172.
7. Shannon C. The Mathematical Theory of Communication. – Urbana.: Univ. of Illinois Press, 1949. – 117 p.
8. Sládeček V. System of water quality from biological point of view // Arch. Hydrobiol. Ergebnisse der Limnologie. – 1973. – Bd. 7. – 218 p.
9. Zelinka M., Marvan P. Zur Prázisierung der biologischen Klassifikation der Reinheitsfließender Gewässer // Arch. Hydrobiol. – 1961. – Bd. 57, № 3. – P.71–81.

10. *Китаев С.П.* Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон // Академия наук СССР, Зоологический ин-т, Всесоюзное гидро-биологическое общество. – М.: Наука, 1984. – 162 с.

11. *Четверова А.А., Федорова И.В., Потапова Т.М.* Гидрологические и геохимические особенности современного состояния озер // Проблемы Арктики и Антарктики. – СПб.: ААНИИ, 2013. – №1. – С. 97–110.

12. *Гуков А.Ю.* Гидробиология устьевой области реки Лены – М.: Научный мир, 2001. – 288 с.

13. *Нигаматзянова Г.Р.* Зоопланктонное сообще-

ство термокарстового озера дельты реки Лена (Республика Саха (Якутия)) // Сборник «Чтения памяти В.А. Попова». – Казань, 2014. – в печати.

14. *Собакина И.Г.* Современный состав зоопланктона дельты р. Лена в осенний период // Известия Самарского научного центра РАН. – 2009. – Т. 11, №1. – С. 347–349.

15. *Fedorova I., Chetverova A., Bolshiyarov D. et al.* Lena delta hydrology and geochemistry // Biogeosciences Discuss. – 2013. – №10. – P. 20179–20237.

*Поступила в редакцию 06.10.2014*

УДК 591.52:599.6/73

## Линейные сооружения как важнейший фактор фрагментации среды обитания диких копытных

В.В. Степанова, И.М. Охлопков, А.В. Аргунов, Н.Г. Соломонов

*По данным авиаобследования и зимних полевых исследований было установлено, что строительство линейных сооружений (дорог, трубопроводов, линий электропередач) создает препятствия свободному перемещению диких копытных как образование разрыва сплошного лесного массива, техногенного фактора беспокойства, иногда физической преграды. Это обстоятельство может привести к фрагментации угодий, изменению миграций животных и разделению популяций диких копытных на группировки. В результате проведенных работ выявлено, что в районе нефтепровода ВСТО диких животных встречалось относительно мало. Плотность населения на 10 км<sup>2</sup> здесь составит диких северных оленей – 0,01 особ., лося – 0,01 особ., благородного оленя – 0,01 особ. Данные цифры отражают малую плотность населения диких копытных для юго-западной Якутии. Водовод для перемещений крупных диких копытных является существенным препятствием. Во время сезонных перемещений близ водовода часто наблюдались лоси. Имеются случаи браконьерского отстрела лосей вдоль водовода. На протяжении 350 км вдоль железной и автомобильной магистрали нами не были установлены переходы лосей. Проведение нескольких параллельных друг другу линейных сооружений расширяет зону препятствия, тем самым затрудняя его преодоление и усиливая психологический барьер у диких копытных.*

Ключевые слова: нефтепровод, водовод, железная дорога, автотрасса, дикие копытные, распространение, препятствия, фрагментация угодий.

*According to air examination and winter field studies it was found that the construction of linear structures (roads, pipelines, electric main) creates obstacles to a free movement of wild ungulates as the formation of a gap of unbroken forest area, technogenic disturbance, sometimes physical barriers. This circumstance can lead to fragmentation of forestland, change of migration and separation of populations of wild ungulates on grouping. The result of this work revealed that on the area ESPO the wild animals are little. According to the calculations of population density per 10 sq. km. there will be wild reindeer - 0,01 pieces, elk - 0,01 pieces, red deer – 0,01 pieces. These quantitative metrics indicate the low population density of wild ungulates in South-Western Yakutia. The water conduit for the movement of large wild ungulates is unsurmountable obstacle. During seasonal movements moose was frequently observed near the water conduit. There are cases of illegal hunting of moose along the water conduit. Over 350 km along the roads and railways elks transitions were not found. Conducting several parallel to each other linear structures expands the area of obstacles thus making it difficult overcome and enhancing the wild ungulates psychological barrier.*

Key words: oil pipeline, water conduit, motorway, railway, wild ungulates, distribution, barriers, fragmentation of forestland.

СТЕПАНОВА Валентина Валериановна – к.б.н., с.н.с. Института биологических проблем криолитозоны СО РАН, valstep@yandex.ru; ОХЛОПКОВ Иннокентий Михайлович – к.б.н., ученый-секретарь Института биологических проблем криолитозоны СО РАН, imokhlopkov@yandex.ru; АРГУНОВ Александр Валерьевич – к.б.н., м.н.с. Института биологических проблем криолитозоны СО РАН, argall@yandex.ru; СОЛОМОНОВ Никита Гаврилович – д.б.н., проф., чл.-корр. РАН, акад. АН РС (Я).

10. *Китаев С.П.* Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон // Академия наук СССР, Зоологический ин-т, Всесоюзное гидро-биологическое общество. – М.: Наука, 1984. – 162 с.

11. *Четверова А.А., Федорова И.В., Потапова Т.М.* Гидрологические и геохимические особенности современного состояния озер // Проблемы Арктики и Антарктики. – СПб.: ААНИИ, 2013. – №1. – С. 97–110.

12. *Гуков А.Ю.* Гидробиология устьевой области реки Лены – М.: Научный мир, 2001. – 288 с.

13. *Нигаматзянова Г.Р.* Зоопланктонное сообще-

ство термокарстового озера дельты реки Лена (Республика Саха (Якутия)) // Сборник «Чтения памяти В.А. Попова». – Казань, 2014. – в печати.

14. *Собакина И.Г.* Современный состав зоопланктона дельты р. Лена в осенний период // Известия Самарского научного центра РАН. – 2009. – Т. 11, №1. – С. 347–349.

15. *Fedorova I., Chetverova A., Bolshiyarov D. et al.* Lena delta hydrology and geochemistry // Biogeosciences Discuss. – 2013. – №10. – P. 20179–20237.

*Поступила в редакцию 06.10.2014*

УДК 591.52:599.6/73

## Линейные сооружения как важнейший фактор фрагментации среды обитания диких копытных

В.В. Степанова, И.М. Охлопков, А.В. Аргунов, Н.Г. Соломонов

*По данным авиаобследования и зимних полевых исследований было установлено, что строительство линейных сооружений (дорог, трубопроводов, линий электропередач) создает препятствия свободному перемещению диких копытных как образование разрыва сплошного лесного массива, техногенного фактора беспокойства, иногда физической преграды. Это обстоятельство может привести к фрагментации угодий, изменению миграций животных и разделению популяций диких копытных на группировки. В результате проведенных работ выявлено, что в районе нефтепровода ВСТО диких животных встречалось относительно мало. Плотность населения на 10 км<sup>2</sup> здесь составит диких северных оленей – 0,01 особ., лося – 0,01 особ., благородного оленя – 0,01 особ. Данные цифры отражают малую плотность населения диких копытных для юго-западной Якутии. Водовод для перемещений крупных диких копытных является существенным препятствием. Во время сезонных перемещений близ водовода часто наблюдались лоси. Имеются случаи браконьерского отстрела лосей вдоль водовода. На протяжении 350 км вдоль железной и автомобильной магистрали нами не были установлены переходы лосей. Проведение нескольких параллельных друг другу линейных сооружений расширяет зону препятствия, тем самым затрудняя его преодоление и усиливая психологический барьер у диких копытных.*

Ключевые слова: нефтепровод, водовод, железная дорога, автотрасса, дикие копытные, распространение, препятствия, фрагментация угодий.

*According to air examination and winter field studies it was found that the construction of linear structures (roads, pipelines, electric main) creates obstacles to a free movement of wild ungulates as the formation of a gap of unbroken forest area, technogenic disturbance, sometimes physical barriers. This circumstance can lead to fragmentation of forestland, change of migration and separation of populations of wild ungulates on grouping. The result of this work revealed that on the area ESPO the wild animals are little. According to the calculations of population density per 10 sq. km. there will be wild reindeer - 0,01 pieces, elk - 0,01 pieces, red deer – 0,01 pieces. These quantitative metrics indicate the low population density of wild ungulates in South-Western Yakutia. The water conduit for the movement of large wild ungulates is unsurmountable obstacle. During seasonal movements moose was frequently observed near the water conduit. There are cases of illegal hunting of moose along the water conduit. Over 350 km along the roads and railways elks transitions were not found. Conducting several parallel to each other linear structures expands the area of obstacles thus making it difficult overcome and enhancing the wild ungulates psychological barrier.*

Key words: oil pipeline, water conduit, motorway, railway, wild ungulates, distribution, barriers, fragmentation of forestland.

---

СТЕПАНОВА Валентина Валериановна – к.б.н., с.н.с. Института биологических проблем криолитозоны СО РАН, valstep@yandex.ru; ОХЛОПКОВ Иннокентий Михайлович – к.б.н., ученый-секретарь Института биологических проблем криолитозоны СО РАН, imokhlopkov@yandex.ru; АРГУНОВ Александр Валерьевич – к.б.н., м.н.с. Института биологических проблем криолитозоны СО РАН, argall@yandex.ru; СОЛОМОНОВ Никита Гаврилович – д.б.н., проф., чл.-корр. РАН, акад. АН РС (Я).

Популяции представителей Оленьих (*Cervidae*), обитающих на территории Центральной и Южной Якутии – лося, косули, благородного оленя, дикого северного оленя (далее – ДСО) – в настоящее время претерпевают сильный прессинг индустриализации. Центральная Якутия является наиболее густонаселенной человеком частью республики, а Южная – частью республики, наиболее подверженной индустриализации. В связи с этим в этих районах республики популяции диких копытных испытывают значительное прямое и косвенное влияние антропогенного фактора. Это выражается в прямом преследовании и добычи копытных, а также ускоренном индустриальном развитии, ведущем к серьезной деградации среды обитания животных. Данное обстоятельство вызывает нарушение структуры ареала животных.

В последнее время на данном участке республики проведено несколько ширококомасштабных линейных сооружений: Амуро-Якутская железнодорожная магистраль, Амуро-Якутская федеральная автомобильная магистраль А360 «Лена», нефтепровод «Восточная Сибирь – Тихий океан» (далее – ВСТО), водовод «р.Лена–оз.Туора-Кюель». Линейные сооружения приводят к фрагментации сплошного лесного массива, отнимая у диких копытных часть их территории. Данный факт может затруднить обмен особями копытных внутри популяций. Образование разрывов в ареалах диких копытных значительно уменьшит устойчивость их популяций при наступлении неблагоприятных факторов среды обитания. Таким образом, линейные сооружения существенно скажутся на характере распространения и численности животных. Проведение дорог, создание новых просек и постоянная эксплуатация этих дорог создают мощнейший фактор беспокойства для многих диких животных [1].

### Материал и методика

Полевыми исследованиями были охвачены территории Центральной и Южной Якутии, прилегающие к железной дороге (далее – ЖД), автомагистрали, водопроводу и нефтепроводу. Кроме этого собраны опросные и анкетные сведения у местных жителей.

В 2013 г. было проведено авиаобследование этих территорий с применением самолета «Тундра», в ходе которого проводились регистрация животных и их следов пребывания, оценка уровня техногенной и антропогенной трансформации мест обитания диких копытных, уровня беспокойства. Облет проводился с 05.11. по 09.11. на высоте 50–150 м при скорости

полета 160–200 км/ч. Всего охвачено учетом 830 км участка ВСТО в Якутии, начиная с г. Алдан до нефтебазы Талакана и 350 км железнодорожной магистрали.

В 2012 и 2014 гг. проводились полевые исследования вдоль железнодорожного полотна и Неверской автотрассы по маршруту пос. Нижний Бестях – пос. Верхняя Амга с 19.10. по 22.10. и водовода по маршруту пос. Нижний Бестях – с. Майя.

### Результаты исследований

При проведении авиаобследования участка нефтепровода ВСТО было выявлено, что уровень техногенного и антропогенного фактора в районе его проведения достаточно высокий. В частности, выявлены следующие факторы беспокойства диких копытных:

1. Насыпные дороги вдоль нефтепровода усиленно эксплуатируются. Отмечена постоянная езда автотранспорта по дорогам вдоль трубопровода к находящимся там вышкам и базам в целях проверки и налаживания различных систем эксплуатации нефтепровода. Число постоянно обслуживаемых и часто посещаемых людьми наблюдательных вышек на маршруте от г. Алдана до г. Олекминска составляет около 15 на расстоянии друг от друга в среднем 5–6 км, что, скорее всего, обусловлено большой расчлененностью рельефа на данном участке (пересечение нескольких водоразделов). На участке от г. Олекминска до г. Ленска находятся 7 вышек на расстоянии друг от друга в среднем 160–200 км, что объясняется пролеганием трубопровода вдоль р. Лены. В Ленском районе вдоль трассового проезда Ленск – Талакан открыто движение пассажирского автобуса до Пеледуя и Витима.

2. Вдоль трубопровода в некотором от него отдалении создаются лесозаготовительные участки. Особенно их много на участке г. Алдан – г. Олекминск, где ранее была нетронутая труднодоступная тайга.

3. На нефтеперекачивающих станциях образованы поселения, которые обслуживают станцию. Известно, что на новых станциях работают примерно 800 человек. На базе Талаканского месторождения проживают около 2500 человек.

Во время авиаучетных работ были визуальным зарегистрированы дикие животные на следующих участках (рис. 1):

- 1) на р. Лютенга недалеко от ЖД – 2 благородных оленя (самец и самка);
- 2) между г. Алдан и г. Олекминск – 2 волка;
- 3) в долине р. Бирюк в 300 м от ВСТО (гарь) между г. Олекминск и г. Ленск – 2 лося (самец и самка);

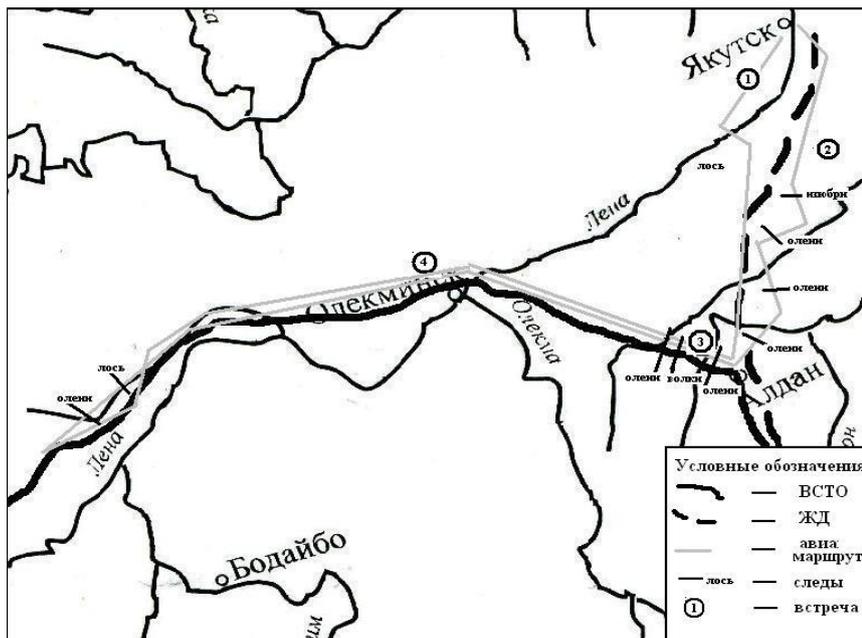


Рис. 1. Карта-схема проведения авиаобследования. Визуальные регистрации встреч: 1 – 12 косуль; 2– 2 изюбря; 3 – 4 оленя; 4 – 1 лось

4) в Хангаласском улусе на левобережье р. Лена – 12 косуль;

5) возле г. Якутск – 6 косуль.

Следы пребывания диких копытных были отмечены на следующих участках:

1) возле р. Улуу (гарь) следы ДСО в нескольких км с восточной стороны от ЖД;

2) чуть дальше от р. Улуу в нескольких км с восточной стороны от ЖД следы ДСО;

3) на р. Буотама в нескольких км с западной стороны от ЖД следы лося;



Рис. 2. Нефтепровод VSTO

4) переход через линию ВСТО ДСО и волков примерно в 100 км к западу от г. Алдан;

5) следы зайцев на р. Нюя – переход через ВСТО;

6) следы зайцев на р. Бычанча – переход через ВСТО;

7) переход лося через ВСТО на р. Нюя в 10 км от базы ВСТО;

8) переход ДСО через ВСТО на р. Нюя.

Как видим, на участке ВСТО и ЖД диких животных наблюдалось мало (рис. 2). По нашим расчетам, плотность населения на 10 км<sup>2</sup> ДСО здесь составит 0,01 особ., лося – 0,01 особ., благородного оленя – 0,01 особ. Данные цифры отражают малую плотность населения диких копытных для юго-западной Якутии. По авиаучетным данным Министерства охраны природы Республики Саха (Якутия) 2001 и 2007 гг. на данной территории плотность населения диких копытных на 10 км<sup>2</sup> составляла: ДСО – 0,3–0,4 особ., лося – 0,1–0,2 особ., благородного оленя – 0,1–0,3 особ. Как видим, в зоне проведения нефтепровода ВСТО плотность населения диких копытных сократилась в десятки раз. Следует отметить малое количество следов диких копытных на участке от верховьев р. Амга до устья р. Олекма. Отмеченные визуально 2 лося в 300 м от ВСТО недалеко от г. Олекминска предполагают мнение о том, что животные, возможно, не могли пересечь участок ВСТО. Также встреченные 2 благородных оленя на р. Лютенга находились в нескольких км с восточной стороны от ЖД.

При полевых исследованиях 2014 г. близ Талаканского месторождения было выявлено, что благородный олень здесь наблюдается очень редко. Старые следы лосей были отмечены близ участка на карьерах. В районе авиапорта Талаканского лицензионного участка выявлен факт обитания одного лося.

В 2014 г. проводили наблюдения за водоводом «р.Лена – оз. Туора-Кюель». В результате проведенных исследований по следам на снегу было выявлено, что для мелких копытных, в частности косули, водовод не создает каких-либо препятствий их переходам. А для перемещений крупных диких копытных (лосей и, возможно, благородного оленя), это сооружение является существенным препятствием. Лоси были отмечены нами у водовода весной (ап-

рель-май) и осенью (сентябрь) во время сезонных перемещений. В 2013 г. 24 сентября в 5 км от с. Майя между автомобильной дорогой и водоводом (расстояние 50 м) был замечен взрослый самец лося. 22 сентября 2014 г. в 8 км от с. Майя у водовода наблюдалась брачная пара лосей. Два раза в сентябре лоси отмечены возле Майинской свалки, всего в 1 км от крупного населенного пункта. Как свидетельствуют очевидцы, лоси, встретив препятствие, следуют за водоводом и переходят его по переездам в виде дамб или под трубой в местах, где труба приподнята на наибольшую высоту. По опросным сведениям с момента строительства этого водовода выявлено много случаев встречи лосей вблизи этого сооружения. Имеются случаи браконьерства и отстрела лосей вдоль водовода.

Со строительством железнодорожного полотна Томмот–Нижний Бестях и новой федеральной автомагистрали появились очень серьезные препятствия переходам крупных диких животных, нарушающих их пространственную структуру (рис. 3). О влиянии строительства железнодорожной магистрали на передвижения диких копытных было ранее опубликовано нами в этом журнале №3 за 2013 г. [2]. В результате было выявлено, что преграда в виде железнодорожной насыпи настораживала диких копытных. Видимо, в Лено-Амгинском междуречье осенью идет миграция диких копытных со стороны р. Лена в сторону р. Амга, так как в основном дикие копытные следовали в этом направлении, исключая двух диких северных оленей, которые убегали от волков. А весной, скорее всего, здесь будет происходить обратная миграция диких копытных в сторону р. Лена, которая также будет затруднена. Строительство железной дороги могло нарушить естественный миграционный путь животных, который проложен в этих местах с севера на юг и обратно.

Дополнительно к тому, что было опубликовано ранее, можно добавить результаты учетных работ вдоль железной дороги и федеральной автотрассы «Лена» в 2014 г. В итоге этих работ установлено, что ДСО без особой трудности преодолевают эти препятствия. На местах с меньшей высотой и крутизной железнодорожного пути животные не меняли направление хода и переходили препятствия напрямую. Такие переходы были отмечены нами от пос. Нижний Бестях до р. Лютенга в условиях равнинного рельефа Центральной Якутии. Южнее на более высоких местах эти копытные, поднявшись на железнодорожное полотно, проходили по штабелям около 50–100 м и выбирали для спуска наиболее пологие места. Такие переходы зафиксированы в районе р. Малый Курум-Кенкю.



Рис. 3. Радиальная фрагментация угодий

Косуля и благородный олень также переходили железную дорогу почти напрямую. Их переходы зарегистрированы на равнинном участке с меньшей высотой железнодорожного полотна. Возможно, иногда переходы звери прокладывают под мостами, в руслах рек, пересекающих эти транспортные пути. В долинах рек под мостами нами были отмечены следы боровой дичи, лисицы и соболя, которые предпочли двигаться в обход транспортных путей.

На маршруте вдоль железной и автомобильной дорог нами не были установлены переходы лосей. По опросным сведениям охотников с района Верхней Амги известно, что ни разу не были отмечены следы лося, пересекшего железнодорожный путь по высоким местам подобно дикому северному и благородному оленям. По этим же данным в декабре 2013 г. в бассейне р. Малый Курум-Кенкю при преследовании лося на снегоходе зверь бежал вдоль железной дороги и не сделал ни одной попытки перейти на другую сторону. Благородный и дикий северный олень, адаптированные к горно-таежным условиям, видимо, относительно легче воспринимают высокие препятствия, чем лось.

В ноябре 2013 г. в бассейне р. Малый Курум-Кенкю между автомагистралью и железной дорогой, расстояние между которыми было всего 1 км, находились два благородных оленя. Причиной этому послужило преследование волков. По-видимому, хищники не сумели перейти оживленную автотрассу и остались на другой стороне. Возможно, транспортные пути тоже существенно препятствуют движению волков. Волки избегают районов с высокой плотностью дорог и с интенсивным движением [3, 4]. Дикие копытные могли использовать этот участок в целях убежища, зная повадки хищников.

Серьезным препятствием для перехода крупных диких животных, очевидно, является сама новая федеральная автотрасса, реконструкция которой еще не завершилась. На некоторых



Рис. 4. Параллельная фрагментация угодий

участках высота полотна новой автомагистрали достигает 10 м и более с крутизной угла до  $70^{\circ}$ . При этом на высоких участках она снабжена боковыми перилами для безопасности транспортных средств. Подобная конструкция, несомненно, препятствует переходам копытных. На маршруте р.Лютенга – Верхняя Амга следы перехода диких копытных через автотрассу отсутствовали.

Сочетание нескольких параллельных друг к другу линейных сооружений расширяет зону препятствия [5, 6], тем самым затрудняя его преодоление и усиливая психологический барьер у диких копытных. К таким участкам можно отнести параллельные друг другу две магистрали автомобильной и железнодорожной на протяжении 800 км от г. Нерюнгри до пос. Нижний Бестях (рис.4). Пространство между транспортными путями варьирует от 150 м до 1500 м. На участке от г. Нерюнгри до г. Алдан к ним присоединяется третье линейное сооружение – нефтепровод. Вдоль трубопровода ВСТО и местами рядом с ней по новой просеке построено 300 км линий электропередачи, которые обеспечивают энергией районы нефтепровода. Они тянутся от пос. Сунтар через г. Олекминск до отпайки на нефтеперекачивающей системе одной из частей ВСТО. Линии ЛЭП также являются еще одним параллельным линейным сооружением ВСТО.

### Выводы и рекомендации

Анализируя ситуацию в целом, можно сделать вывод, что построенные линейные сооружения мешают свободному перемещению диких копытных и исключают обмен особями внутри популяций. Участки этих сооружений и особенно места их параллельных сочетаний сокращают места обитания животных вдоль этих сооружений в зависимости от антропофобности вида, снижают их плотность населения в этих местах.

Следует отметить проведение нефтепровода ВСТО вдоль р. Лена по ее левобережью полностью исключает из мест обитаний наилучшие кормовые пойменные угодья для лосося и благородного оленя в этих местах. Закладка нефтепровода по верховьям рек от г. Олекминска до г. Алдана задела не тронутые девственные леса и исключила наиболее кормные места для дикого северного оленя – сплошные ягельники. В ходе этого произошла фрагментация пастбищных угодий.

Возможно, что линейные сооружения делят сплошные единые ареалы видов диких копытных на разрозненные. Например, для косули вилюйской группы отделение нефтепроводом ВСТО части ареала вида на правобережье р. Лена (долины рр. Чара, Токко, Олекма), где она и так малочисленна, может свести численность вида здесь к нулю. Для центрально-якутской группы популяции косули разделение территории происходит вдоль р. Лена на правобережье, где проходит железная дорога и автомагистраль. Они делят места обитания косули на левобережную и правобережную части от р. Лена [7].

Благородный олень за последние полвека расширил свой ареал в северо-восточном направлении и заселил часть Центральной Якутии [8]. Расширение ареала в основном шло двумя магистральными путями – по долинам двух больших рек Буотама и Амга. В настоящее время этот коридор перекрыт участком нефтепровода ВСТО от г. Олекминска до г. Алдан, а также строительством железной дороги и реконструкцией автомагистрали от р. Амга до пос. Нижний Бестях. Дальнейшее расширение ареала вида возможно только со стороны Хабаровского края, где численность не так велика как с юго-западной стороны республики.

На правобережье р. Лена со строительством линейных сооружений образуется треугольной формы участок долины р. Буотама, где плотность населения диких копытных как в охраняемой территории была относительно высока. В настоящее время этот участок остается изолированным со всех сторон, что затруднит обмен особями, свободное скрещивание и перемещение обитающих там оленей. В устье р. Буотама остается маленький изолированный участок местообитания косули. В последующем, возможно, здесь останутся только более оседлые виды. А мигрирующие, такие как дикий северный олень, в настоящее время населяющий правобережную часть р. Буотама, могут со временем покинуть эти места и вновь не возвратиться.

В целях охраны миграционных путей диких копытных следует проводить усиленный контроль в весеннее и осеннее время на участке 40

км от с. Качикатцы до места пересечения железной дороги с р. Лютенга, как участка с наибольшей концентрацией переходов, в лучшем случае создать здесь заказник республиканского значения. Также рекомендуем в эти сезоны года усилить контроль на участке водоема, чтобы избежать браконьерства.

*Работа выполнена в рамках регионального проекта РФФИ №12-04-98513\_р\_восток\_a.*

### Литература

1. Баскин Л.М., Охлопков И.М. Охрана крупных млекопитающих от индустриальных угроз. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. – 201 с.
2. Степанова В.В., Охлопков И.М., Кривошапкин А.А. Возможная фрагментация ареала диких копытных в результате строительства железной дороги в Центральной Якутии // Наука и образование. – 2013. – №3. – С. 134–138.
3. Fuller T.K. Population dynamics of wolves in north-central Minnesota // Wildlife Monographs. – 1989. – V. 105. – P. 1–41.
4. Thiel R. P. Relationship between road densities and wolf habitat suitability in Wisconsin // American Midland Naturalist. – 1985. – V. 113. – P. 404–407.
5. Cameron R.D., Lenart E.A., Reed D.J. et al. Abundance and movements of caribou in the oilfield complex near Phudhoe Bay, Alaska // Rangifer. – 1995. – V. 15(1). – P. 3–7.
6. Dyer S.J., O'Neill J.P., Wasel S.M., Boutin S. Avoidance of industrial development by woodland caribou // Journal of Wildlife Management. – 2001. – V. 65. – P. 531–542.
7. Аргунов А.В. Формирование ареала и современное распространение сибирской косули в Якутии // Зоол. журн. – 2013. – Т.92, №3. – С.346–352.
8. Степанова В.В., Охлопков И.М. Экология благородного оленя Якутии. – Новосибирск: Наука, 2009. – 136 с.

*Поступила в редакцию 27.11.2014*

## ПЕДАГОГИКА

УДК 331.53:338.439.222

### Профессиональная ориентация сельской молодежи в процессе вузовского образования

А.А. Кожурова

*Представлены материалы результатов социологического опроса 2010 г. с целью изучения жизненного самоопределения студентов вузов. Анализированы данные официальной статистики рынка труда и занятости Территориального органа Федеральной службы Государственной статистики по РС(Я) январь–апрель 2014 г. и данные статистики актуальных вакансий Департамента занятости населения РС(Я) по центрам занятости населения муниципальных районов республики за июнь 2014 г. Наблюдение за жизнью молодежи и анализ факторов, направляющих выбор молодежи в пользу сельской жизни, показывают, что решение проблемы закрепления молодежи на селе тесно связано с необходимостью безотлагательного развития социально-экономической инфраструктуры села; с ведением целенаправленной работы по формированию у молодежи убежденности в привлекательности сельского образа жизни; с разработкой комплексной программы трудоустройства по специальности для выпускников в поствузовский период.*

Ключевые слова: сельская молодежь, трудоустройство, городская среда, актуальная вакансия.

*The paper presents the results of a sociological survey conducted in 2010 in purpose to study the self-determination of students of higher education institutions are presented. The official statistics on the labor market and employment of the Territorial Department of the Federal State Statistics Service on the Republic of Sakha (Yakutia) of January-April 2014 and the statistics of current vacancies of the Department of Employment of the Republic of Sakha (Yakutia) on the employment centers of municipalities of the republic of June 2014. Observation of the life of young people and the analysis of the factors that guide the choice of young people in favor of rural life, shows that the solution of the problem of keeping young people in rural areas is closely linked to necessity of urgent social and economic development of the rural infrastructure, with conducting purposeful work on formation at the youth of conviction in appeal of a rural conduct of life, with the development of a comprehensive program of employment for graduates according to one's profession line.*

Key words: rural youth, employment, urban environment, actual vacancy.

Качественные изменения ценностей и потребностей современного общества требуют корректировки задач и целей образования, новых подходов социальной готовности сельской молодежи к жизненным планам, к профессиональному самоопределению, к успешной адаптации в стремительно меняющейся городской среде.

Качественные изменения ценностей и потребностей современного общества требуют корректировки задач и целей образования, новых подходов социальной готовности сельской молодежи к жизненным планам, к профессиональному самоопределению, к успешной адап-

тации в стремительно меняющейся городской среде.

Одним из наиболее значимых, на наш взгляд, критериев дифференциации в сельской молодежной среде является территориально-поселенческий фактор. Неравномерное распределение благ, неразвитая инфраструктура, проблемы доступа к системе образования, социальная защита, уровень профессиональной подготовки позволяют определить качество и уровень жизни молодых людей.

По мнению исследователей, сельская молодежь практически не владеет информацией о множестве новых профессий, да и традиционные претерпевают изменения, что требует умения быстро перестроиться, мобилизоваться, чтобы оказаться нужным и востребованным в сельской местности [7]. В наше время сам про-

КОЖУРОВА Алина Алексеевна – к.п.н., доцент Педагогического института Северо-Восточного федерального университета, kozhurova\_a@mail.ru.

Доля городских и сельских студентов в зависимости от вуза, %

Вуз	Студенты из города	Студенты из села
Педагогический институт	20,4	79,6
Факультет якутской филологии и культурологии	-	100
Якутский государственный инженерно-технический институт	32,8	67,2
Чурапчинский государственный институт физической культуры и спорта	7,1	92,9
Финансово-экономический институт	76,5	23,5
Факультет иностранных языков	66,7	33,3
Якутская государственная сельскохозяйственная академия	13	87
Медицинский институт	42,2	57,8
Юридический факультет	68,8	31,3
Физико-технический институт	28,2	71,8
Итого	39,2	60,8

цесс выбора профессии приобрёл другой алгоритм. Центральным моментом здесь теперь является широкая информированность по целому ряду вопросов – от конъюнктуры на рынке профессий и возможностей получения образования до перспектив профессионального продвижения и способов выдержать конкуренцию. С точки зрения государственных и общественных интересов профориентационная, профинформационная работа с молодёжью становится основой для развития кадрового потенциала страны в целом, области, муниципального района.

Сегодня главная цель профессионального образования – создание условий для формирования социально адаптированной, конкурентоспособной, профессионально компетентной личности [5]. Период адаптации в городе идет быстро и свою будущую жизнь студенты связывают с городской урбанизированной средой с развитой инфраструктурой и коммуникацией. Исходя из этой проблемы, практически не наблюдается возвратная миграция молодых специалистов в районы.

Таким образом, гипотезой исследования является, что большинство выходцев из села, как подготовленные специалисты, не имеют намерения работать по выбранной профессии в районе или намерены получить другую специальность как второе высшее образование.

С целью изучения качественных характеристик студентов на этапе жизненного самоопределения в 2010 г. проведен опрос студентов 1–3-х курсов вузов Республики Саха (Якутия), переживающих этап адаптации к городской среде и профессиональной самоидентификации. Исследованием охвачено 602 респондента десяти подразделений высших учебных заведений: Якутский государственный инженерно-технический институт; Чурапчинский государственный институт физической культуры и спорта, Финансово-экономический институт, Педагогический институт, Медицинский институт, Физико-технический институт, Якутская государственная сельскохозяйственная академия, факультет якутской филологии и культуры, факультет иностранных языков и юридический факультет.

Региональные особенности определяются неоднородностью типов выбранных сельских и городских агломераций по их размеру (крупное и среднее поселения) и разнообразными природно-климатическими условиями Якутии. Таким образом, в выборочной совокупности преобладает молодежь, родившаяся в Центральной (64,2%) и Западной Якутии (23,4%). Не указали место рождения 2,6% молодежи.

Согласно данным опроса, доля студентов, приехавших из сельской местности, составляет

60,8%. Удельный вес сельских студентов наблюдается на факультете якутской филологии и культурологии (100%), в Чурапчинском государственном институте физической культуры и спорта (92,9%) и Якутской государственной сельскохозяйственной академии (87%) (табл. 1).

Исходя из мнений студентов, опрошенных вне зависимости от их места рождения и проживания; специфики учебного заведения и конкретных условий проживания на данный момент, по предпочтительному и реально планируемому образу жизни в будущем видна преобладающая доля городского образа жизни. Так, свою будущую жизнь с городом связывают 72,1% респондентов, а с селом – только 8,4%. Почти каждый пятый опрошенный затруднился с выбором предпочтительного образа жизни (рис. 1).

Также был задан вопрос, выявляющий причины привлекательности жизни в городе и селе, который включал несколько вариантов ответов, требующих ранжирования. В жизни в городе у студентов на первом месте находятся такие

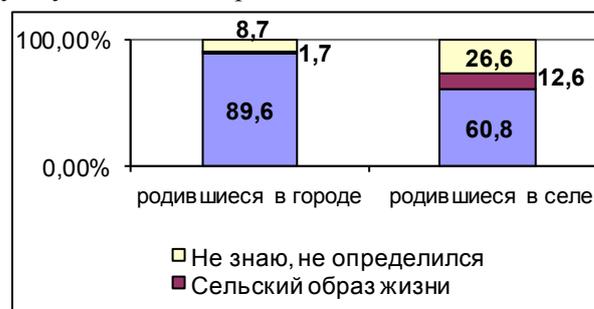


Рис.1. Распределение ответов на вопрос «С каким образом жизни связываете свое будущее?» в зависимости от места рождения респондента

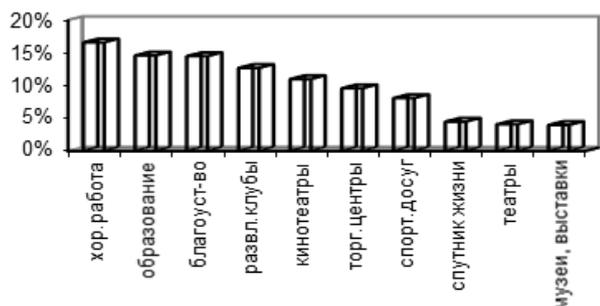


Рис. 2. Распределение ответов по причинам привлекательности жизни в городе

приоритеты, как «возможность найти хорошую работу» (16,6%) и «возможность получить образование» (14,6%), что больше связано с причиной получения образования в результате массовизации и коммерциализации профессионального обучения в высших и средних образовательных учреждениях (рис.2).

По наблюдениям исследователей региональных вузов, конкурентоспособность специальности зависит от требований общества, конъюнктуры, сложившейся «моды» на ту или иную деятельность, а также от количества аналогичных вузов. В регионах России за последние 10–15 лет значительно увеличилось количество учреждений профессионального образования за счет негосударственных вузов и филиалов государственных вузов [4].

Большинству сельской молодежи свойственно стремление к изменению своего социального положения, несмотря на минимальные ресурсы, в связи с этим наблюдается значительный отток молодежи в город, однако в городе им приходится столкнуться с проблемами. Во-первых, это отсутствие жилья. Обеспечение студентов местом в общежитии является одним из важных условий для привлечения абитуриентов. Поэтому им был задан вопрос «Где вы сейчас живете?». Из общего количества студентов живут в общежитии – 43,3%, у родственников – 9,8%, снимают квартиру – 10,1%, имеют свою квартиру или живут отдельно с мужем или с женой – 5,5%.

Во-вторых, малооплачиваемая работа (неконкурентоспособность и невостребованность специальности; отсутствие стажа и опыта работы; практически полное отсутствие вакансий на сельском рынке труда; несоответствие имеющихся вакансий запросам). Исходя из этой проблемы, строятся и планы респондентов после учебы. В пяти вузах из 10 охваченных опросом преобладает выбор варианта «останусь в городе», получение второго высшего образования по другой специальности и лишь студенты Чурапчинского института физкультуры чаще планируют работу в районе – 41,9% из 74 опрошенных. В планах экономистов, медиков, юристов, а также студентов ФТИ и ИТИ на первом месте стоит «останусь в городе». Получение ими второго высшего образования, безусловно, также связано с городом. Студенты, ориентированные на жизнь в городе, практически не намерены возвращаться на родину (рис. 3).

Наибольшее число студентов, желающих получить вторую специальность, характерно для факультета якутской филологии и культуры (42,1%) и Пединститута (42,1%). Это явление наблюдается также в ЧГИФКиС (32,4%) и ЯГСХА (34,7%). Здесь можно ранжировать вузы по их «продукции» – выпускников по уровню конкурентоспособности в ближайшем трудоустройстве. Таким образом, неконкурентоспособными являются выпускники вузов гуманитарного профиля (табл. 2).

Если студент неудовлетворен своей специальностью в процессе подготовки и информиро-

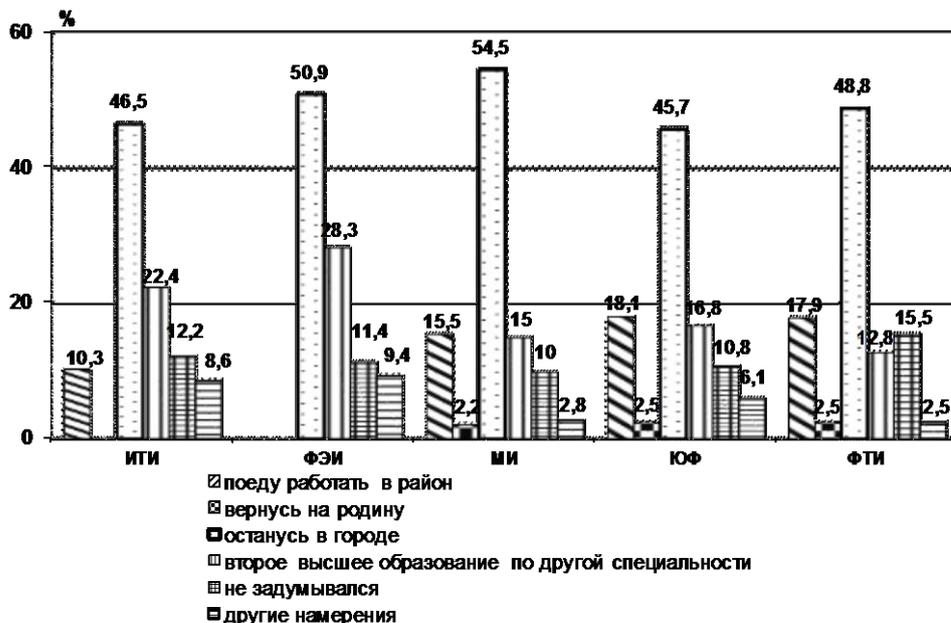


Рис.3. Распределение ответов студентов, преимущественно ориентированных на городской образ жизни

Планы студентов после окончания учебы в вузе, %

Планы	ПИ	ФЯФиК	ЯГИТИ	ЧГИФКиС	ФЭИ	ФИЯ	ЯГСХА	МИ	ЮФ	ФТИ	Итого
Поеду работать в район	12,3	26,3	10	41,9			21,7	15,5	17,8	17,9	17,2
Вернусь на родину	4,1	5,3		6,7			8,7	2,2	2,4	2,5	2,8
Останусь в городе	22,4	26,3	45	1,4	51	25	30,5	54,1	45,2	48,7	39,8
Второе ВО по другой специальности	42,1	42,1	13	32,4	28,3	35	34,7	14,9	16,6	12,8	23,7
Не задумывался	16,3		11,6	9,5	11,3	20	4,4	9,9	10,7	15,4	11
Другие намерения	2,1		8,3	8,1	9,4	20		2,7	5,9	2,5	5,4

вания о состоянии востребованности выбранной профессии на рынке труда, то это говорит о том, что молодой специалист не готов и не желает работать, следовательно, он неконкурентоспособен. Вот тогда он выбирает второй круг обучения со всеми временными затратами, что объясняется о намерении получить второе высшее образование по другой востребованной специальности. Вузами с более конкурентоспособными выпускниками являются образовательные учреждения технического профиля, такие как ИТИ и ФТИ. Вместе с тем, в исследовании прослеживается ориентация выпускников вузов на альтернативную трудовую деятельность в городе.

Десинхронизация рынка труда и рынка образовательных услуг приводит к необеспеченности перспективных инвестиционных проектов кадрами высокой квалификации, прежде всего, инженерных и рабочих профессий. В 2012 г. в численность зарегистрированных безработных составила 1,6% выпускников высшего и среднего профессионального образования (в 2011 г. – 1,4%). При этом доля специалистов с высшим профессиональным образованием возросла с 30

до 40%. Однако потребность работодателей в них существенно ниже. В республиканском банке вакансий около 80% вакантных мест приходится на рабочие профессии, поэтому сельская молодежь должна осознавать конкурентные преимущества своими качественными характеристиками, как состояние здоровья, пол, возраст, уровень квалификации, профессиональной подготовки и образования [1–4].

Для общего обзора ситуации занятости в районах республики мы выявили актуальные вакансии, выставленные в центрах занятости населения по районам республики. В данном случае «Актуальная вакансия» – это ежедневное обновление вакансий на актуальные в сайтах центров занятости населения государственных служб занятости республики. Так, например, на первом месте актуальные вакансии по районам Якутии наблюдаются по виду деятельности «Строительство» – 3477 вакансий. Далее, вместе с тем, востребованы вакансии в отрасли транспорта, здравоохранения, предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг. Острая нехватка учителей и врачей наблюдается в арктической зоне (Булунский,

Т а б л и ц а 3

Количество актуальных вакансий по районам Республики Саха (Якутия) (май–июнь 2014 г.)

Виды экономической деятельности:	Арктическая зона	Северо-Восточная Якутия	Западная Якутия	Южная Якутия	Центральная Якутия	Всего
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	27	-	19	-	35	81
Добыча полезных ископаемых	-	-	-	257	-	257
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	-	-	-	-	16	16
Строительство	60	218	1743	1083	273	3377
Оптовая и розничная торговля; ремонт автотр-х ср-в, мотоциклов, быт. изд. и предметов лич.польз.	14	-	-	-	-	14
Транспорт и связь	12	29	89	678	26	834
Финансовая деятельность	-	-	-	37	-	37
Гос.упр-е и обеспечение воен. безоп-ти; соц. страх.	23	9	-	15	16	63
Образование	116	27	49	52	19	263
Здравоохранение и предоставление соц.услуг	114	55	183	172	70	594
Предос-е прочих комм-х, соц-х и персон-х услуг	50	106	58	117	168	499

Источник: Данные Департамента занятости населения РС(Я). Статистика вакансий от 02.06.2014 г. <http://zansakha.ru/home/grazch/statisticvak.aspx> [2].

Соотношение актуальных вакансий с численностью трудоустроенных работников организаций по видам экономической деятельности по региону (январь–апрель 2014 г.)

	Количество актуальных вакансий	Численность работников организаций	%
Всего	6035	344075	1,7
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	81	8880	0,9
Рыболовство, рыбоводство	-	683	
Добыча полезных ископаемых	257	37366	0,7
Обрабатывающие производства	-	13125	
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	16	26346	0,06
Строительство	3377	20918	16,6
Оптовая и розничная торговля; ремонт автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования	14	18858	0,07
Гостиницы и рестораны	-	4134	
Транспорт и связь	834	32372	2,6
Финансовая деятельность	37	7176	0,5
Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг	-	25735	
Государственное управление и обеспечение военной безопасности; социальное страхование	63	36009	0,2
Образование	263	62964	0,4
Здравоохранение и предоставление социальных услуг	594	34535	1,7
Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг	499	14974	3,3

Источник: Рынок труда и занятость населения. Трудовые ресурсы. Официальная статистика от 21.05.2014 г. [http://sakha.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/sakha/ru/statistics/employment/](http://sakha.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/sakha/ru/statistics/employment/) [6].

Верхнеколымский, Среднеколымский районы) (табл. 3).

Процентная сопоставимость актуальных вакансий в районах с общей численностью работников организаций показывает отсутствие вакансий в сельской местности по таким видам экономической деятельности как: «Рыболовство, рыбоводство», «Обрабатывающие производства», «Гостиницы и рестораны», «Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг». Дефицит вакансий на селе наблюдается по видам экономической деятельности: «Производство и распределение электро-

энергии, газа и воды» – 0,06% и «Оптовая и розничная торговля; ремонт автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования» – 0,07% (табл.4).

Как видно из табл. 5, доля актуальных вакансий по группам основных профессий разнообразна по своей характерной отраслевой востребованности специальностей в конкретном районе. Таким образом, арктическая зона, в первую очередь, остро нуждается в учителях-предметниках, доля актуальности вакансий из общего числа вакансий по региону составляет 60,5%. Как правило, по своим природно-климатиче-

Т а б л и ц а 5

Доля актуальных вакансий по группам профессий по районам из общего числа вакансий по региону, %

Группы профессий	Арктическая зона	Северо-Восточная Якутия	Западная Якутия	Центральная Якутия	Южная Якутия	г. Якутск
Врачи общей практики	15,4	5,2	40,7	4,9	25,8	29,8
Врачи узкой специализации	22,2	19,4	31,3	16	30,3	44,6
Средний мед. персонал	8,6	6,9	22,4	10,2	14,9	45,7
Учителя-предметники	60,5	10,4	13,3	12,1	17,3	16,6
Педагогические работники	17,5	18,8	29,7	14,1	30,4	16,4
Инженер	39,5	-	15,2	3,5	50,2	-
Полицейский	9,2	-	-	3,5	10,6	77,7
Пожарный	-	30	-	36,7	-	-
Водитель	14,9	2	4,5	-	29,3	66,2
Слесарь	20,7	9,7	15,8	3,2	18,1	74,4
Рабочий	5,95	9,2	3,9	6,4	-	43,4

Источник: Рынок труда и занятость населения. Трудовые ресурсы. Официальная статистика от 21.05.2014 г. [http://sakha.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/sakha/ru/statistics/employment/](http://sakha.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/sakha/ru/statistics/employment/) [6].

ским условиям и отдаленности в этой зоне востребованы профессии: оленевод – 100%, оператор котельной – 71,4%, врачи узкой специализации – 22,2% и почтальон – 12,5%, как отражение проблемы отопления, здоровья, транспорта и связи.

Из всех представленных районов в Западной Якутии наблюдается нехватка врачей общей практики (врач-педиатр участковый, врач-терапевт), актуальность вакансий составляет 40,7% (табл.3). Очень востребованы рабочие профессии в строительстве: сварщики, монтажники, плотники (по 100%). В Северо-Восточной Якутии также актуальны рабочие специальности в отрасли строительства: слесарь по ремонту дорожно-строительных машин и тракторов (100%), гидромонтировщик (83,3%) и электрослесарь (80,6%). Далее, здесь востребованы пожарные (30%), как и в Центральной Якутии (36,7%), так как в последнее время участились пожары в этих районах. Исходя из этой проблемы, в Центральной Якутии особо актуальна вакансия «волонтер» (87,8%).

Вместе с тем, на рынке труда в г. Якутске наблюдается востребованность рабочих специальностей, в первую очередь, в области строительства: арматурщики, бетонщики, каменщики, плотники, маляры, штукатуры, слесари и т.д. Трудовые ресурсы более актуальны в производстве и распределении электроэнергии, газа и воды (технические инженеры, электрики, электрогазосварщики); в предоставлении прочих коммунальных, социальных и персональных услуг (повара, парикмахеры, дворники, служащие и рабочие в сфере ЖКХ). В охране порядка в густонаселенных условиях города очень востребованы полицейские (77,7%). Далее, активно наблюдается рост вакансий по среднему медицинскому персоналу (45,7%), по врачам узкой специализации (44,6%) и по врачам общей практики (29,8%).

Таким образом, общезначимыми причинами принятия решения о переезде в город среди сельской молодежи являются: несоответствие имеющихся вакансий запросам, неравные условия конкуренции на рынке труда и слабое развитие социально-культурной инфраструктуры.

В целом по всей группе респондентов желание «остаться в городе» является самым значимым (39,8%). Жизнь в городской среде у студентов в первую очередь представляется, как «возможность найти хорошую высокооплачиваемую работу». Доля желающих получить второе высшее образование составила 23,7%, т.е. практически каждый четвертый планирует продолжить обучение по другой специальности. И только с третьей позиции стоит в планах жела-

ние «поеду работать в район» 17,2%. Вместе с тем, молодые люди включают в понятие «другие намерения» службу в армии, которую считают закономерным этапом в своей жизни, как уже получившие достаточную физическую, интеллектуальную подготовку, имеющие социальный опыт, попробовать себя в военной карьере или в силовых структурах, а также поступить в аспирантуру и обзавестись семьей.

Из всех шести предложенных планов самую низкую долю составляет намерение «вернуться на родину» 2,8%. Это характеризуется неудовлетворенностью молодежи качеством своей жизни в своем родном сельском социуме из-за «ощущения ее неполноценности и неперспективности». Но если объединить варианты ответов «поеду работать в район» 17,2% и «вернуться на родину» 2,8%, то почти каждый пятый опрошенный студент (20%) готов работать в сельской местности.

Таким образом, что большинство выходцев из села, как подготовленные специалисты, не имеют намерения работать по выбранной профессии в районе или намерены получить другую специальность.

Здесь можно отметить привлекательность городской среды для молодежи, которая включает набор ресурсов, помогающих молодым людям поддерживать более высокий уровень жизни. Каждая социальная группа имеет и использует свои социальные ресурсы, следовательно, сельская молодежь не всегда имеет возможность воспользоваться внешними ресурсами города. Сельская молодежь представляет собой социальную группу, проживающую в специфических социокультурных условиях (для социокультурной среды села характерны такие свойства, как нравственно-этическая устойчивость, традиционность, консервативность, связь с естественной природой, более низкий уровень образования сельских жителей, ограниченность ресурсов (материальных, кадровых, информационных)), под влиянием этих условий и происходят процессы социализации и социальной адаптации (которые оказывают непосредственное влияние на социальный статус).

По результатам проведенного исследования приходим к выводу о том, что вопрос привлечения молодых специалистов в сельскую местность сегодня является актуальным и злободневным, в большей степени это касается сферы здравоохранения, образования и строительства. Главной проблемой для молодого специалиста остается вопрос жилья, социальной защиты, транспортной доступности, социально-культурного развития, устойчивой мотивации и желания работать по выбранной специальности.

Реализация данных приоритетов респондентов – прагматичных, целеустремленных, профессионально ориентированных – требует пересмотра адаптационных мероприятий, носящих эпизодический характер, разработки комплексной программы трудоустройства по специальности для выпускников в поствузовский период, что обеспечит системный подход к осуществлению непрерывного карьерного роста по выбранной профессии в течение всей жизни.

#### Литература и источники

1. Государственная программа РС(Я) «Содействие занятости населения РС(Я) на 2012–2016 годы». Департамент занятости населения РС(Я). [www.zansakha.ru/home/](http://www.zansakha.ru/home/).

2. Данные Департамента занятости населения РС(Я). Статистика вакансий от 02.06.2014 г. <http://zansakha.ru/home/grazch/statisticvak.aspx>.

3. Королев И.В. Трудовая активность работников молодежного возраста: дифференциация по гендер-

ному признаку // Женщина и управление. – П. Посад, 2009.

4. Платонова Р.И. Подготовка конкурентоспособного специалиста в региональном педагогическом вузе: методология, концепции, система: монография / Р.И. Платонова. – М.: Советский спорт, 2011. – С.133.

5. Платонова Р.И. Формирование конкурентоспособного специалиста в системе регионального высшего педагогического образования (на примере педагогических вузов Якутии): автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.08 / Р.И. Платонова. – М., 2011. <http://www.dissers.ru>.

6. Рынок труда и занятость населения. Трудовые ресурсы. Официальная статистика от 21.05.2014 г. [http://sakha.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/sakha/ru/statistics/employment/](http://sakha.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/sakha/ru/statistics/employment/).

7. Старик И.Н. Механизмы конструирования неравенства городской и сельской молодежи: автореф. дис. ... к-та социол. наук: 22.00.04 / И.Н. Старик. – Саратов, 2012. <http://www.dissercat.com>.

Поступила в редакцию 29.09.2014

УДК 613.71Л 38

## Педагогический анализ детских физкультурно-оздоровительных программ в фитнес-клубах

Т.В. Левченкова

*Детские физкультурно-оздоровительные программы стали востребованными и популярными в фитнес-клубах и клубах по месту жительства. Это связано с изменением отношения родителей к физическому воспитанию детей различного возраста и возможностью выбора занятий исходя из потребностей семьи и интересов ребенка. Целью исследования является педагогический анализ организации и проведения занятий с детьми в фитнес-клубах. Результаты исследования показали, что организация и проведение программ для детей в фитнес-клубах имеют следующие особенности: необходимо выделение помещений, которые имеют специальное назначение, т. к. занятия с детьми в фитнес-клубах отличаются достаточно большим разнообразием; расписание занятия должно строиться с учетом возрастных особенностей, режима дня и возможности выбора занятий. В статье определено примерное содержание физкультурно-оздоровительных программ для детей разного возраста (от 1 года до 16 лет). Для педагогически оправданного проведения занятий в группах, где одновременно могут заниматься дети разного возраста, целесообразно использовать технологию проведения занятий, основанную на подражании младшими детьми старшим при выполнении упражнений, описанную в работах М. Монтеessori. Анализ кадрового состава, осуществляющего работу с детьми в фитнес-клубах, показал, что преподаватели и инструкторы, которые проводят физкультурно-оздоровительные занятия с детьми, должны иметь высшее профессиональное образование, уметь работать с детьми разного возраста и владеть педагогическими технологиями, которые позволяют проводить занятия с разновозрастными группами.*

Ключевые слова: фитнес-клуб, содержание программ для детей, технология проведения занятий с разновозрастными группами, расписание для детей, требования к преподавателям по детскому фитнесу.

Реализация данных приоритетов респондентов – прагматичных, целеустремленных, профессионально ориентированных – требует пересмотра адаптационных мероприятий, носящих эпизодический характер, разработки комплексной программы трудоустройства по специальности для выпускников в поствузовский период, что обеспечит системный подход к осуществлению непрерывного карьерного роста по выбранной профессии в течение всей жизни.

#### Литература и источники

1. Государственная программа РС(Я) «Содействие занятости населения РС(Я) на 2012–2016 годы». Департамент занятости населения РС(Я). [www.zansakha.ru/home/](http://www.zansakha.ru/home/).

2. Данные Департамента занятости населения РС(Я). Статистика вакансий от 02.06.2014 г. <http://zansakha.ru/home/grazch/statisticvak.aspx>.

3. Королев И.В. Трудовая активность работников молодежного возраста: дифференциация по гендер-

ному признаку // Женщина и управление. – П. Посад, 2009.

4. Платонова Р.И. Подготовка конкурентоспособного специалиста в региональном педагогическом вузе: методология, концепции, система: монография / Р.И. Платонова. – М.: Советский спорт, 2011. – С.133.

5. Платонова Р.И. Формирование конкурентоспособного специалиста в системе регионального высшего педагогического образования (на примере педагогических вузов Якутии): автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.08 / Р.И. Платонова. – М., 2011. <http://www.dissers.ru>.

6. Рынок труда и занятость населения. Трудовые ресурсы. Официальная статистика от 21.05.2014 г. [http://sakha.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/sakha/ru/statistics/employment/](http://sakha.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/sakha/ru/statistics/employment/).

7. Старик И.Н. Механизмы конструирования неравенства городской и сельской молодежи: автореф. дис. ... к-та социол. наук: 22.00.04 / И.Н. Старик. – Саратов, 2012. <http://www.dissercat.com>.

Поступила в редакцию 29.09.2014

УДК 613.71Л 38

## Педагогический анализ детских физкультурно-оздоровительных программ в фитнес-клубах

Т.В. Левченкова

*Детские физкультурно-оздоровительные программы стали востребованными и популярными в фитнес-клубах и клубах по месту жительства. Это связано с изменением отношения родителей к физическому воспитанию детей различного возраста и возможностью выбора занятий исходя из потребностей семьи и интересов ребенка. Целью исследования является педагогический анализ организации и проведения занятий с детьми в фитнес-клубах. Результаты исследования показали, что организация и проведение программ для детей в фитнес-клубах имеют следующие особенности: необходимо выделение помещений, которые имеют специальное назначение, т. к. занятия с детьми в фитнес-клубах отличаются достаточно большим разнообразием; расписание занятия должно строиться с учетом возрастных особенностей, режима дня и возможности выбора занятий. В статье определено примерное содержание физкультурно-оздоровительных программ для детей разного возраста (от 1 года до 16 лет). Для педагогически оправданного проведения занятий в группах, где одновременно могут заниматься дети разного возраста, целесообразно использовать технологию проведения занятий, основанную на подражании младшими детьми старшим при выполнении упражнений, описанную в работах М. Монтеessori. Анализ кадрового состава, осуществляющего работу с детьми в фитнес-клубах, показал, что преподаватели и инструкторы, которые проводят физкультурно-оздоровительные занятия с детьми, должны иметь высшее профессиональное образование, уметь работать с детьми разного возраста и владеть педагогическими технологиями, которые позволяют проводить занятия с разновозрастными группами.*

Ключевые слова: фитнес-клуб, содержание программ для детей, технология проведения занятий с разновозрастными группами, расписание для детей, требования к преподавателям по детскому фитнесу.

*There is an increased demand for Health and Sports programmes for children in local clubs and fitness clubs, they are now becoming more popular. This is due to a shift in parents' attitudes toward physical education of children of different ages. They can now choose classes depending on the family's needs and the child's interest. The aim of the study is to analyse how the classes for children in fitness clubs are organised and carried out, and how the children are instructed. The results have demonstrated the following aspects of successful programmes for children in fitness clubs: because the classes for children in fitness clubs are very diverse, specially-purposed rooms have to be assigned; the schedule should account for the age of children, their daily routine and availability for classes. The article suggests a content for Health and Sports programmes aimed at children of different ages (1 to 16 y.o.). In groups where children of different ages participate simultaneously, for the instruction to be most effective it is recommended to use a technique where the younger kids follow what the older kids do in exercises, as described by M. Montessori. An analysis of a pool of children's instructors in fitness clubs has shown that Health and Sports instructors and teachers working with children should possess higher professional education, be able to work with children of different ages, and have command of teaching techniques to help them work with groups containing different-aged children.*

**Key words:** fitness club, children's programmes content, techniques for conducting classes with groups of different-aged children, children's schedule, requirements for kids' fitness instructors.

Современный уровень социально-экономического развития общества предъявляет повышенные требования к уровню здоровья, интеллектуальной и физической работоспособности населения. Тот факт, что рационально организованный режим двигательной активности человека любой возрастной категории способствует поддержанию достаточно высокого уровня здоровья, приобщает к ведению здорового образа жизни.

Привитие навыков систематических занятия физическими упражнениями происходит с детского возраста. Важную роль при этом играют особенности семейного воспитания, а также деятельность учреждений основного и дополнительного образования.

На важность и необходимость расширения объема двигательной активности детей и подростков обращают внимание новые образовательные стандарты, в которых введен обязательный третий урок физкультуры.

Вместе с тем, в настоящее время кроме образовательных учреждений различные физкультурно-оздоровительные программы предлагаются в активно развивающейся фитнес-индустрии. Количество фитнес-клубов стремительно растет не только в крупных городах, но и регионах, более того «модные» фитнес-программы широко используют для детей в дошкольных учреждениях и школах [1,6]. Родители часто отдают предпочтение занятиям в фитнес-клубе или клубе по месту жительства, а не в спортивной школе. Это связано с тем, что в спортивных школах предъявляются высокие требования к уровню развития физических качеств детей, существует достаточно жесткий отбор, необходимость соблюдать дисциплину и принимать участие в соревнованиях. Занятия в фитнес-клубах

ориентированы на интерес ребенка, удобное планирование режима дня, возможности менять программу занятий в течение года.

Исходя из вышеизложенного, предлагается провести анализ деятельности фитнес-клубов по реализации физкультурно-оздоровительных программ для детей.

На современном этапе развития фитнес-индустрии владельцы клубов большое внимание уделяют развитию детского направления. Ретроспективный анализ развития фитнес-индустрии в России показывает, что за последние 20 лет быстрыми темпами открываются фитнес-клубы различного уровня – от элитных до экономкласса. При этом детские программы предлагаются в клубах любого уровня. Их количество и разнообразие зависят от особенностей работы клуба, выбранной концепции, занимаемых площадей, кадрового состава и т.п.

Первые шаги создания программ детского фитнеса были связаны с выделением небольшой комнаты для игр детей неопределенного возраста, т.к. специалисты не определяли целевую аудиторию.

Целью организации такой комнаты (ее часто называют «детской игровой комнатой») являлся присмотр за детьми дошкольного и младшего школьного возраста, в то время пока родители занимаются в клубе.

Площадь таких комнат обычно не превышала 25–40 м<sup>2</sup>, оснащение имело достаточно стандартный набор оборудования: детская мебель, мягкие модули, наборы для сюжетных игр, небольшое количество снарядов и инвентаря для активизации двигательной активности.

На первом этапе организации детских игровых комнат в фитнес-клубах предполагалось, что в них будет организована двигательная дея-

тельность детей через подвижные игры, интерактивные зоны и т.п.

Однако детские игровые комнаты часто стали превращаться в своеобразные «камеры хранения» для детей на время занятий взрослых. Это можно объяснить рядом причин:

1. Небольшие по площади помещения не позволяют проводить разнообразные подвижные игры.

2. Одновременно в игровой комнате находятся дети разного возраста и педагоги, которые находятся в игровой комнате, не владеют технологиями организации занятий с разновозрастными группами детей.

3. Посещение детской игровой комнаты имеет свободный режим и это затрудняет организацию работы с детьми разного возраста.

Результаты анализа, проведенного в фитнес-клубах г. Москвы и регионов (n=67), показали, что детские игровые комнаты являются необходимым компонентом в рамках развития программ детского фитнеса, который решает узкую проблему – присмотр за детьми ограниченной возрастной категории.

Следовательно, физкультурно-оздоровительные программы для детей в фитнес-клубах – это система специально организованных программ для детей различного возраста, основанных на особенностях возрастного развития, популярности и способствующих формированию интереса к систематическим занятиям физическими упражнениями.

В настоящее время детский фитнес охватывает возрастную диапозон от 1 года до 16 лет. Такое раннее начало занятий с детьми никого не удивляет, т.к. именно в фитнес-клубах создаются условия для совместных занятий детей и сопровождающих их взрослых (родителей, воспитателей, гувернеров и т.п.) [2,5].

При подборе программ для различных возрастных категорий детей необходимо учитывать, что фитнес-тренировка проводится по тем же принципам, что и любой урок физического воспитания, состоит из трех частей и нагрузка должна соответствовать уровню подготовленности занимающегося.

При проведении занятий в фитнес-клубе мы постоянно должны учитывать, что в группе могут заниматься дети разного возраста. Правилами фитнес-клуба не предусмотрены строгие ограничения к посещению занятий. На урок в группу 4–6 лет могут придти и дети 3 и 7 лет. Это вносит определенные неудобства в организацию и проведение занятий. В этом случае нас выручает технология М. Монтессори, которая описала работу с разновозрастными группами [4]. Суть технологии заключается в том, что мы

Таблица 1

**Особенности использования детской игровой комнаты**

Показатель	Характеристика
Цель	Присмотр за детьми во время занятий родителей
Возраст детей	2–7 лет
Площадь помещения	20–40 м <sup>2</sup>
Время использования ре-бенком	30–90 мин
Оснащение	Стандартное
Кадры	Педагоги или психологи
Специально организованные занятия	Не проводятся

Таблица 2

**Примерные программы для детей различного возраста**

Возрастная группа	Примерные программы
1–3 года	Подражание действиям педагога, развитие мелкой и крупной моторики, несложные игры и игровые задания, выполнение заданий вместе со взрослыми, прохождение полосы препятствий из мягких модулей и массажного оборудования. В клубах эти программы называют «Детский фитнес», грудничковое плавание, аквапрограммы
4–6 лет	Физкультурно-оздоровительные программы игровой направленности, занятия по единой сюжетной линии, включение в основную часть занятий элементов танцев, гимнастики, акробатики, восточных единоборств, спортивных игр, игр с мячом, футбол-гимнастика, коррекционные программы, аквапрограммы
7–9 лет	Игровые программы, занятия по видам спорта (секционные), различные виды аэробики, уроки для развития скоростно-силовых способностей, футбол-гимнастика аквапрограммы, «пилатес», «фитнес-йога», коррекционные программы
10–11 лет	Игровые программы, занятия по видам спорта (секционные), различные виды аэробики, уроки для развития скоростно-силовых способностей, аквапрограммы, «пилатес», «фитнес-йога», занятия на кардиотренажерах в мини-группах, участие в соревнованиях по желанию
12–14 лет	Занятия по видам спорта (секционные), различные виды аэробики, танцевальные программы, уроки для развития скоростно-силовых способностей, аквапрограммы, «пилатес», «фитнес-йога», занятия на кардиотренажерах в мини-группах, участие в соревнованиях по желанию
15–16 лет	Программы, которые предлагаются взрослым: различные виды аэробики, танцевальные программы, занятия на тренажерах, силовые тренировки в мини-группах, участие в соревнованиях по желанию

даем задания детям более старшего возраста, а младшие повторяют за ними. При этом у младших детей мы не добиваемся точного повторения техники движений в начале обучения, а

оставляем на освоение им больше времени. Это позволяет одновременно проводить занятия с детьми разного возраста, при этом они все включены в работу.

Более того, еще одной особенностью проведения занятий в фитнес-клубе является возможность смены вида занятий в течение года. При этом необходимо строить программы занятий таким образом, чтобы примерно за 8–10 занятий (примерно 1 месяц при двухразовых занятиях) разучивалось какое-либо комплексное двигательное действие, например, танец, связка упражнений, последовательность движений и т.п. В этом случае будет виден результат занятий, а для поддержания интереса детей это является важным фактом и позволит дольше удерживать ребенка в одной программе (группе), что отражается на качестве обучения. Более того, для детей, начиная с 7-летнего возраста, возможно проведение соревнований, конкурсов, отчетных выступлений. Такие мероприятия также поддерживают интерес к занятиям у детей по определенной программе.

Анализ посещаемости детей физкультурно-оздоровительных программ показывает некоторую сезонность, которая связана с каникулярным временем. Это необходимо учитывать при составлении расписания и проведения так называемых общеклубных мероприятий.

Для эффективного проведения физкультурно-оздоровительных программ в фитнес-клубах следует выделять помещения, в которых будут проводиться занятия преимущественно с детьми (табл. 3).

Помещения, выделенные для проведения детских программ, должны быть оснащены необходимым инвентарем и оборудованием. Подбор оборудования и инвентаря осуществляется исходя из содержания тех программ, которые проводятся в клубе. Все оборудование для занятий с детьми должно отвечать требованиям без-

опасности, гигиеничности, привлекательности, многофункциональности.

Составление расписания занятий является важным и трудоемким звеном при организации работы. Правильно составленное расписание занятий:

- позволяет удерживать постоянный состав занимающихся;
- создает комфортные условия для детей, родителей и педагогов;
- позволяет избежать многих конфликтных ситуаций.

Какие условия необходимо учитывать при составлении расписания занятий для детей и подростков?

В основе составления расписания лежит режим жизнедеятельности ребенка. В каждой возрастной группе он своеобразен.

Для детей от 1 года до 3 лет все занятия проводятся строго в утренние часы с 9.30 до 12.00 ч. Использовать вечернее время для проведения занятий с детьми раннего возраста нецелесообразно, так как ребенок к вечеру устает, несмотря на дневной сон, и не сможет принимать активное участие в занятии, а будет ему сопротивляться (капризничать, отказываться от выполнения заданий, плохо реагировать на команды педагога и т.п.)

Для дошкольников от 3 до 6 лет наиболее удобное время утром с 9.00 до 13.00 и вечером с 16.00 до 19.00 ч. Дети школьного возраста могут приходить на занятия после окончания уроков с 13.00 до 20.00 ч.

Педагогические наблюдения и опросы родителей показывают, что все занятия с детьми должны заканчиваться до 20.00 ч. Более позднее окончание занятий плохо отражается на их режиме дня и может привести к тому, что дети перестанут посещать занятия в неудобное время.

Важное значение для эффективной работы детских программ в фитнес-клубе отводится

Таблица 3

**Примерный набор помещений для проведения физкультурно-оздоровительных и досуговых программ с детьми в фитнес-клубе**

Наименование помещения	Примерная площадь, м <sup>2</sup>	Возраст детей	Примерные программы
Детская игровая комната	20–40	2–7 лет	Самостоятельная и организованная игровая деятельность, развивающие игры, пальчиковая гимнастика, лепка, рисование, конструирование, сюжетно-ролевые игры
Спортивно-игровой зал	70–100	3–16 лет	Все программы, связанные с высоким уровнем двигательной активности, коррекционные программы
Игровой зал	30–50	1–3 года	Игровые программы для малышей, персональные тренировки
Интерактивная зона для подростков	3–60	9–16 лет	Настольный теннис, настольные игры, дартс, игровые автоматы-симуляторы
Бассейн	От 30	1–8 лет	Водные программы, игровые программы, обучение плаванию

подбору персонала, который и будет реализовывать эти программы.

Для того, чтобы правильно подобрать педагогов, необходимо учитывать уровень знаний специалиста, его желание быть сотрудником фитнес-клуба и его личностные качества.

Для отбора педагогов в Учебно-оздоровительном центре «ФИТБОЛ» составили перечень вопросов – заданий, которые позволяют дать первичную оценку кандидату. Первый блок вопросов касался сведений об образовании, опыте работы с детьми, опыте работы в формате фитнес-клуба. Второй блок содержал практические задания: написать программу занятий на 4 урока по определенному направлению, провести урок в течение 15 мин с незнакомыми детьми. Третий блок связан с личностными качествами претендента: внешний вид, речь, умение себя представить[3].

После собеседования было отобрано 14 педагогов, в число которых входили 5 студентов Института физической культуры, 6 педагогов с высшим педагогическим образованием и 3 специалиста со средним специальным образованием.

Через 9 месяцев работы (учебный год) в штате осталось 9 педагогов. Не смогли работать в формате фитнес-клуба 2 студента, 1 специалист со средним специальным образованием, 2 тренера по виду спорта с высшим педагогическим образованием.

Причиной отказа от работы в первую очередь явилось неумение и отсутствие желания работать в рамках фитнес-клуба, когда при выстраивании отношений с детьми и подростками необходимо перестроиться от авторитарной системы управления деятельностью занимающихся на демократическую.

Практический опыт показывает, что лучше всего готовы к работе в формате фитнес-клуба студенты выпускных курсов институтов физической культуры, специалисты, имеющие опыт работы с детьми.

## Заключение

Для эффективного проведения физкультурно-оздоровительных программ с детьми в рамках фитнес-клуба необходимо последовательно выполнить следующие действия:

1. Определить возрастной контингент занимающихся детей.
2. Установить перечень программ, которые будут предложены детям для занятий.
3. Определить состав помещений, в которых будут проводиться занятия с детьми, набор необходимого инвентаря и оборудования.
4. Составить расписание занятий.
5. Подобрать кадры для реализации физкультурно-оздоровительных программ с детьми.

## Литература

1. Андриянова Е.Ю. Детский фитнес как средство интеграции общего и дополнительного образования / Е.Ю. Андриянова, Н.В. Егорова // Физическая культура в школе. – 2011. – № 4. – С. 49–52.
2. Егорова Н.В. Детский фитнес в системе дополнительного образования / Н.В. Егорова, Е.Ю. Андриянова // Вестник спортивной науки. – 2011. – № 4. – С. 66–69.
3. Зимняя И.А. Педагогическая психология: учебник для студентов вузов, обучающихся по пед. и психолог. направлениям и специальностям / И.А. Зимняя. – 2-е изд., доп., испр. и перераб. – М.: Логос, 2008. – 383 с.
4. Костюк И. Гармоническая атмосфера Монтессори : Лечебное воздействие // Дошкольное воспитание. – 2000. – № 11. – С. 47–48.
5. Лисицкая Т.С. Аэробика: В 2 т. Т. 1: Теория и методика / Т.С. Лисицкая, Л.В. Сиднева. – М.: Федерация аэробики России, 2002. – 232 с.
6. Сайкина Е.Г. Фитнес в системе дошкольного и школьного физкультурного образования: автореф. дис. ...д-ра пед. наук / Е.Г. Сайкина; РГПУ им. А.И. Герцена. – СПб., 2009. – 46 с.

Поступила в редакцию 24.11.2014