

Третья научная школа молодых ученых и специалистов по рыбному хозяйству и экологии  
**«Перспективы рыболовства и аквакультуры в современном мире»**

15-21 апреля, 2018, г. Москва-г. Звенигород

## Особенности геотермального рыбоводства: итоги и перспективы развития



**Корентович М.А.**

К.б.н., зав. сектором осетроводства ФГБНУ «Госрыбцентр»

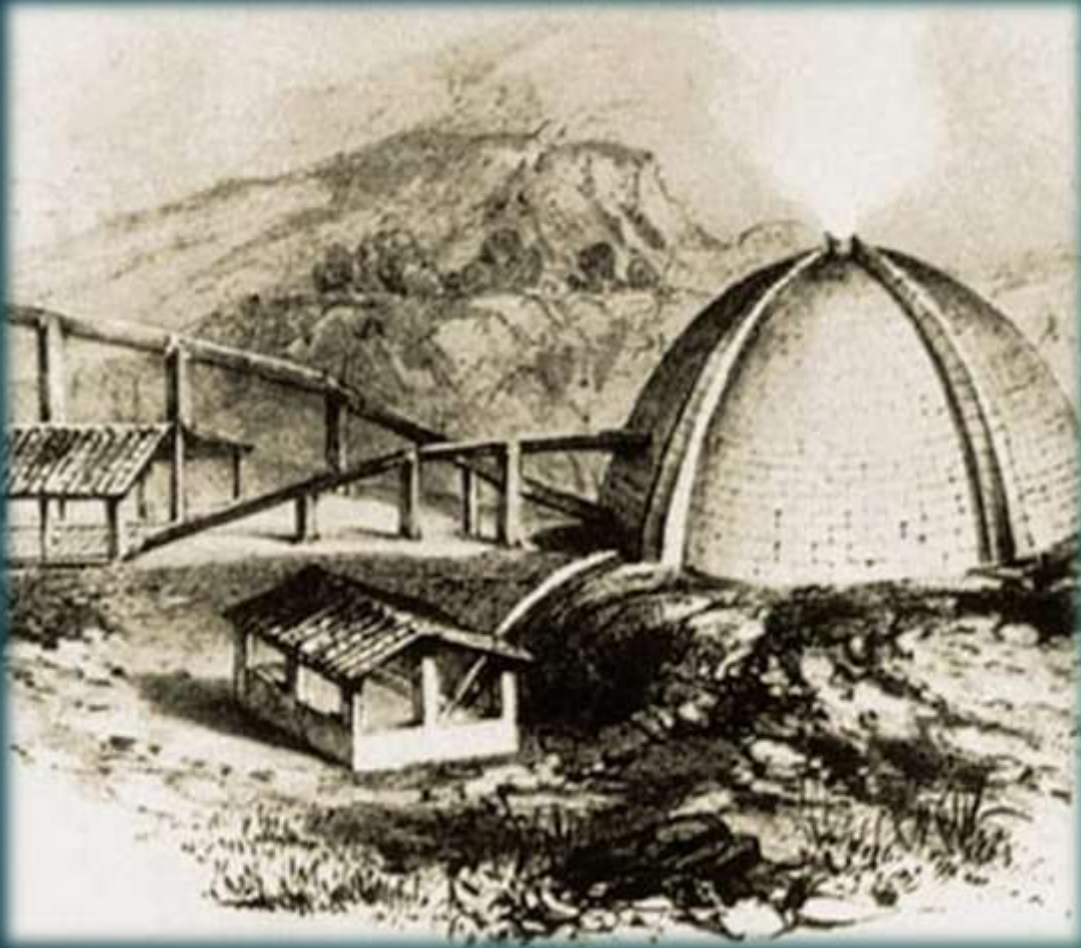
доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» ГАУ СЗ

[korentovichma@gmail.com](mailto:korentovichma@gmail.com)





# Первые шаги геотермальной энергетики



**1827 г.** Коллектор для сбора термальной борной воды в Лардерелло (**Италия**) Вода из подземных источников употреблялась для получения борной кислоты



**1904 г.** - Двигатель и инвертор, использовавшиеся в Лардерелло, в первом эксперименте по производству геотермальной электроэнергии - отопление теплиц, домов и др.

# Темы для обсуждения

- ❖ - Особенности геотермальной энергетики
- ❖ - Классификация геотермальной вод
- ❖ - Достоинства и недостатки использование геотермальных вод для рыбоводных целей
- ❖ - Основные районы термальных вод, применяемых для аквакультуры
- ❖ - История развития геотермального рыбоводства
- ❖ - Успехи геотермального рыбоводства
- ❖ - Биотехнологические схемы выращивания
- ❖ - Перспективы развития **ЕСЛИ ОНИ ЕСТЬ???**



Геотермальные ресурсы — запасы глубинного тепла Земли: -

- **Гидрогеотермальные** - термальные воды

- **Петрогеотермальные** - сухие горные породы, нагретые до **350°C** и более

**Геотермальные** – **воды**, выделяющиеся из недр Земли с температурой выше **20°C** (от **40** до **100°C**)

**20-40°C** - лечебные цели, аквакультура,

**-40-60°C** - выращивание растений в парниках;

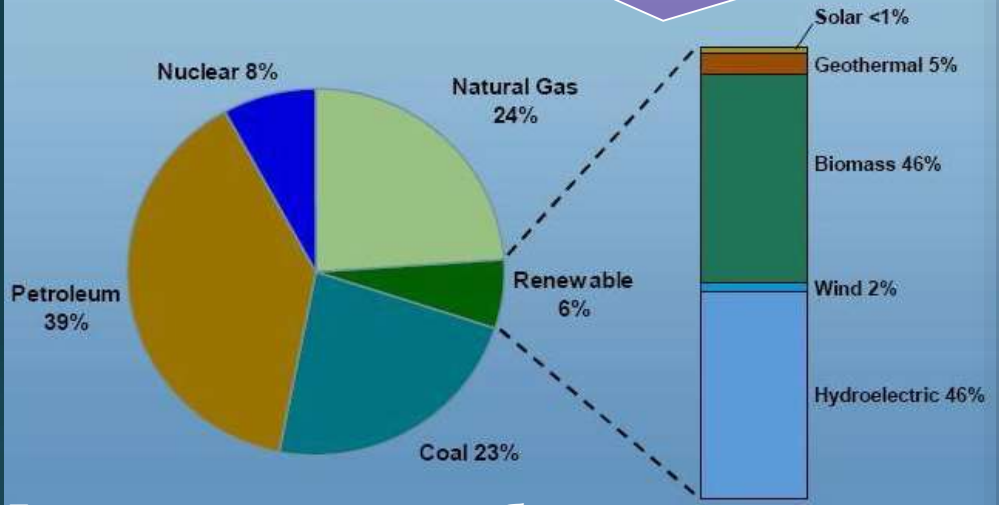
**-60-100°C** – обогрев помещений, бассейнов и т.д.



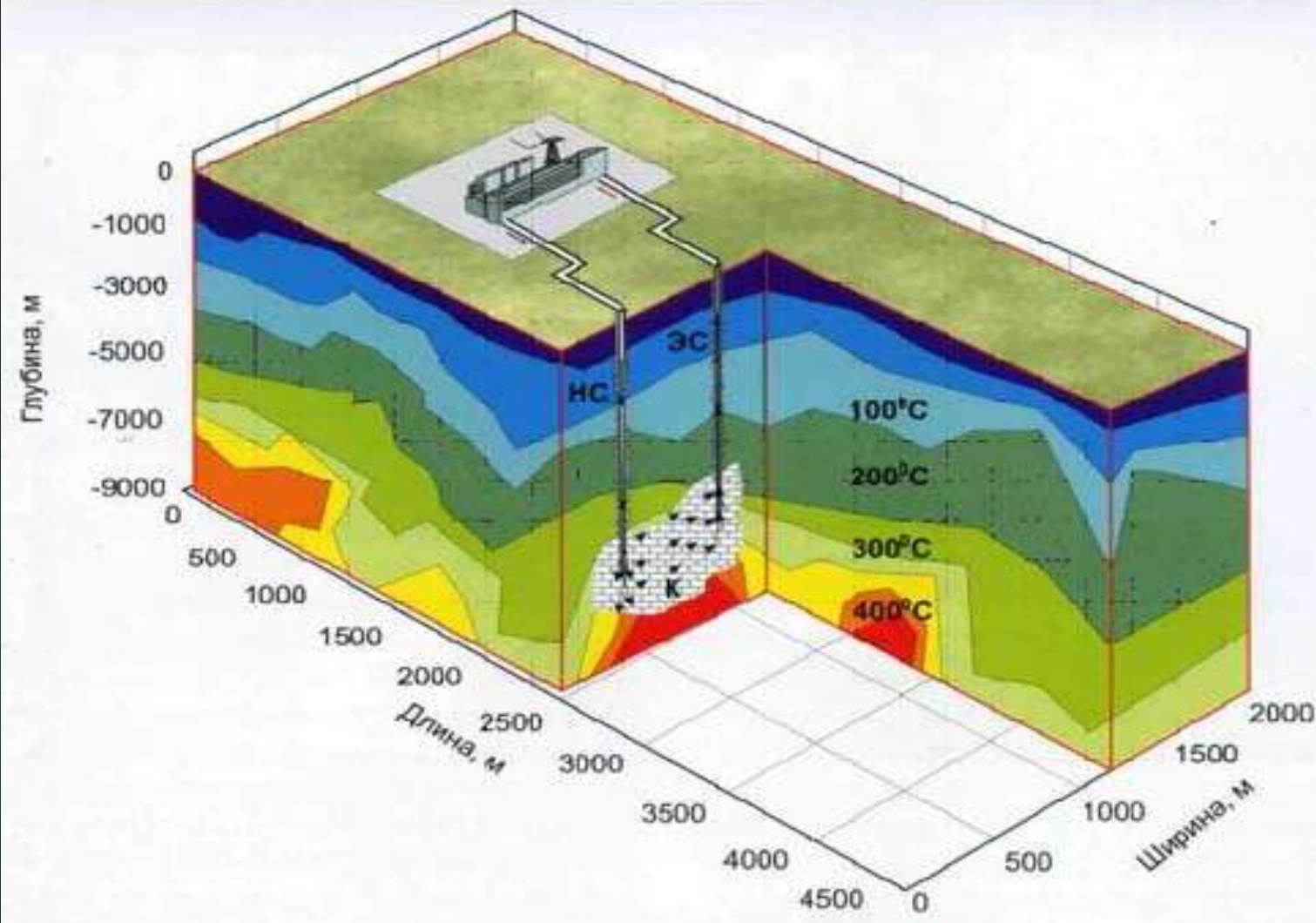


# Геотермальная энергия возобновляемых источников (ВИЭ) используется на 5% (0,3%)

The Role of Renewables in the U.S. Energy Supply - 2003



циркуляционной системы извлечения геотермальной энергии из горячих горных пород с естественным проницаемым коллектором

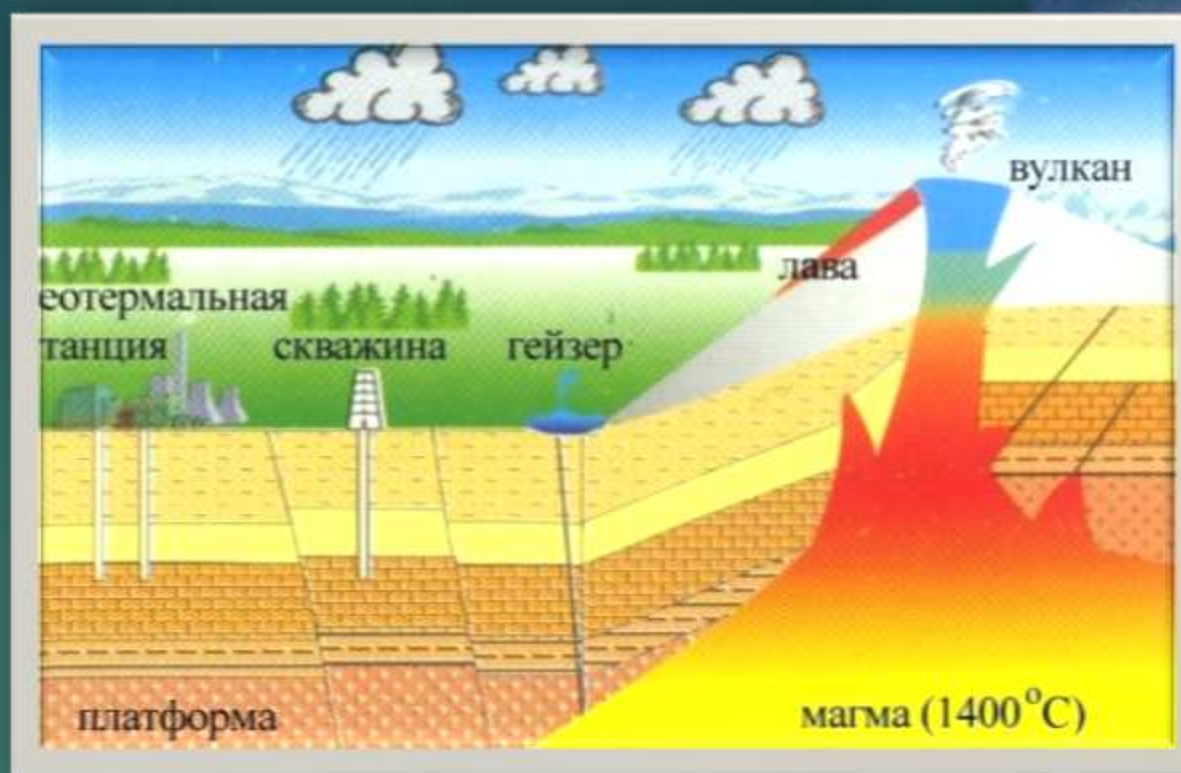
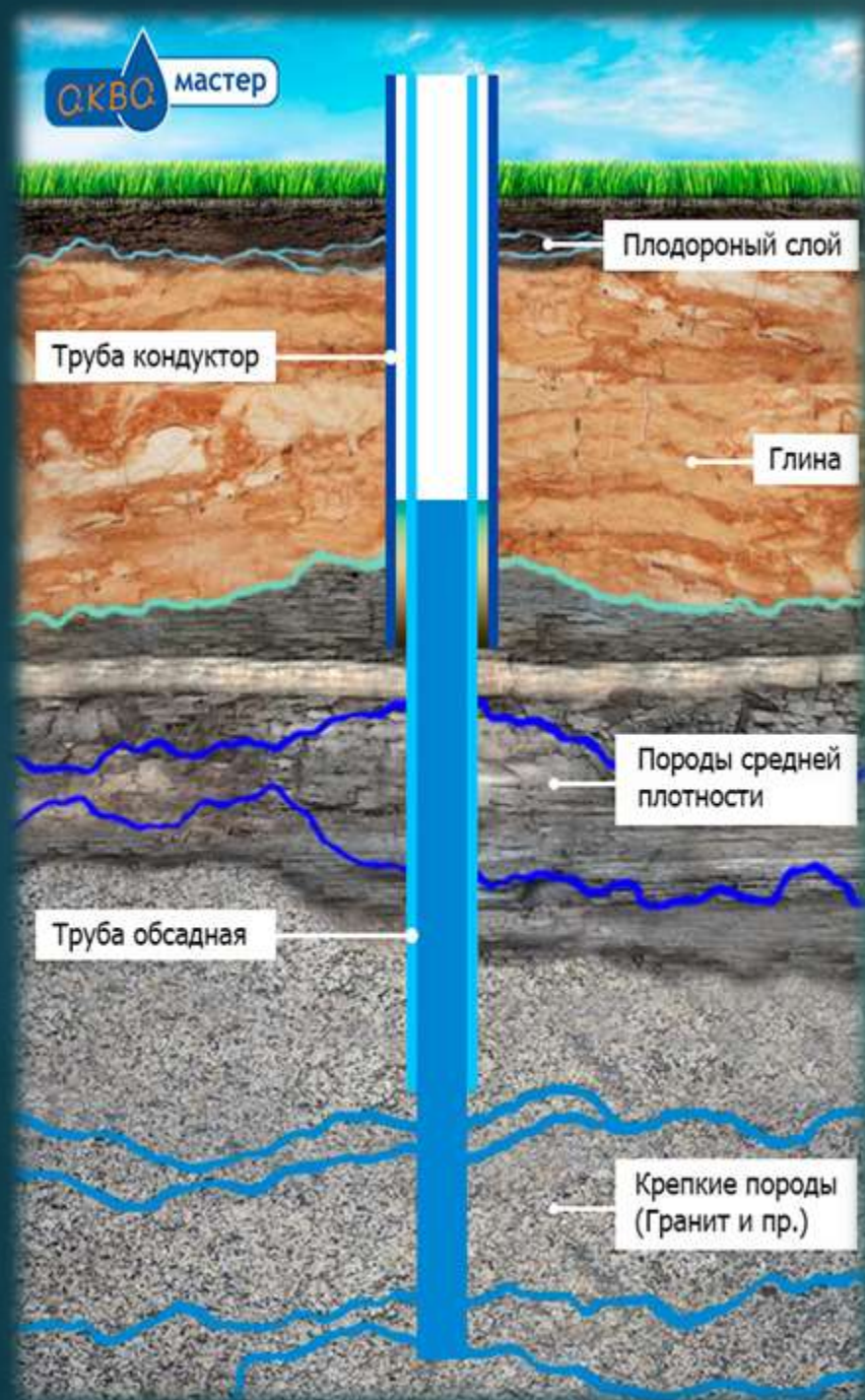


НС — нагнетательная скважина, ЭС — эксплуатационная скважина, К — коллектор

**Биомасса** – все возобновляемые за короткое время органические материалы







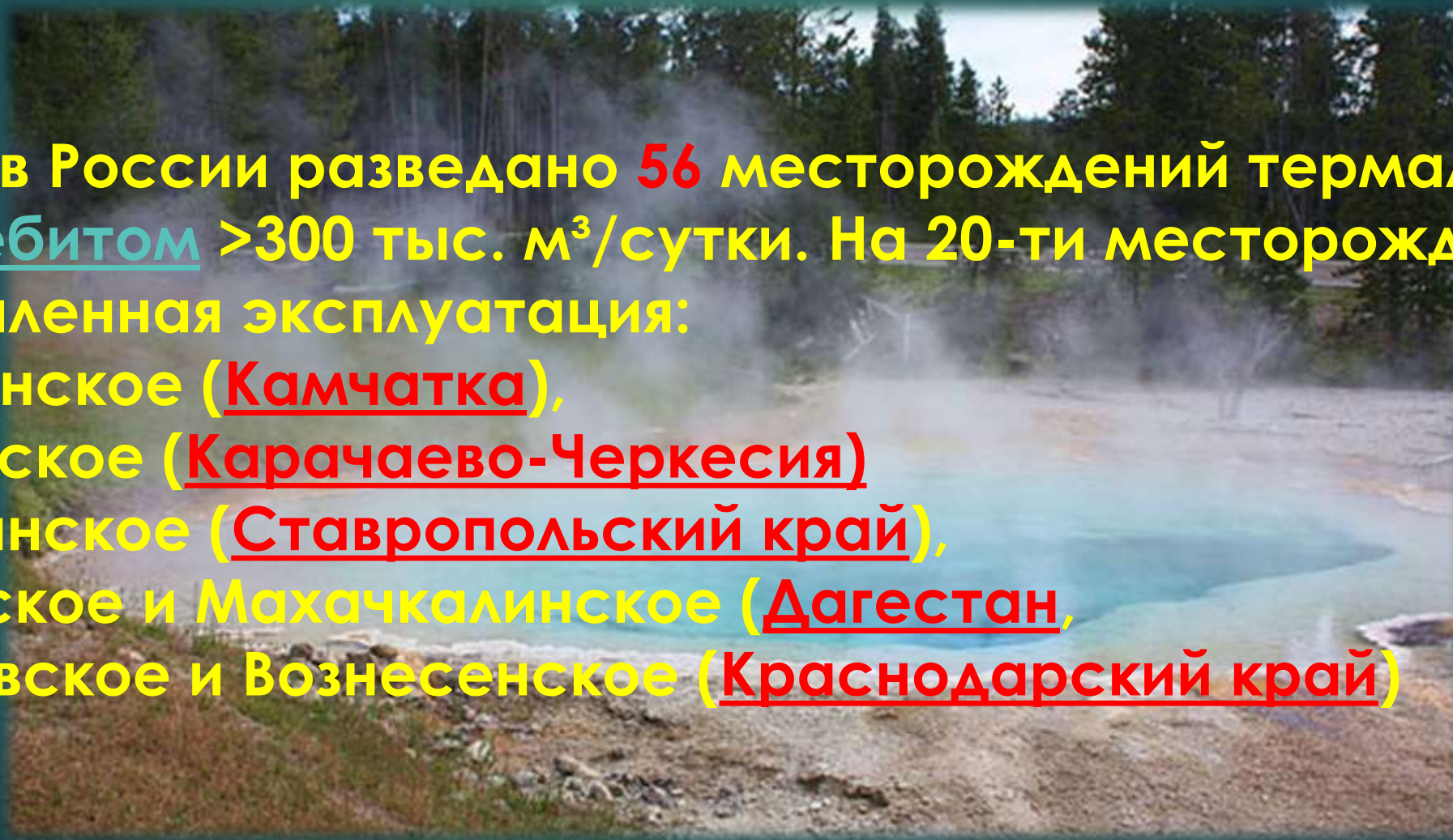
- ▶ **Вулканические районы** - циркулирующая вода перегревается выше **температуры кипения** на относительно небольших глубинах, по трещинам поднимается к поверхности (**гейзеры**)
- ▶ Доступ к подземным тёплым водам возможен при помощи глубинного **бурения скважин**.



Хозяйственное применение геотермальных источников: США -1, Филиппины - 2, Индонезия - 3, Мексика - 4, Италия - 5, Новая Зеландия - 6, Исландия - 7, Япония -8)... Россия -13

**2016 г.** - в России разведано **56** месторождений термальных вод с дебитом  $>300$  тыс. м<sup>3</sup>/сутки. На 20-ти месторождениях - промышленная эксплуатация:

- Паратунское (Камчатка),
- Черкесское (Карачаево-Черкесия)
- Казьминское (Ставропольский край),
- Кизлярское и Махачкалинское (Дагестан,
- Мостовское и Вознесенское (Краснодарский край)



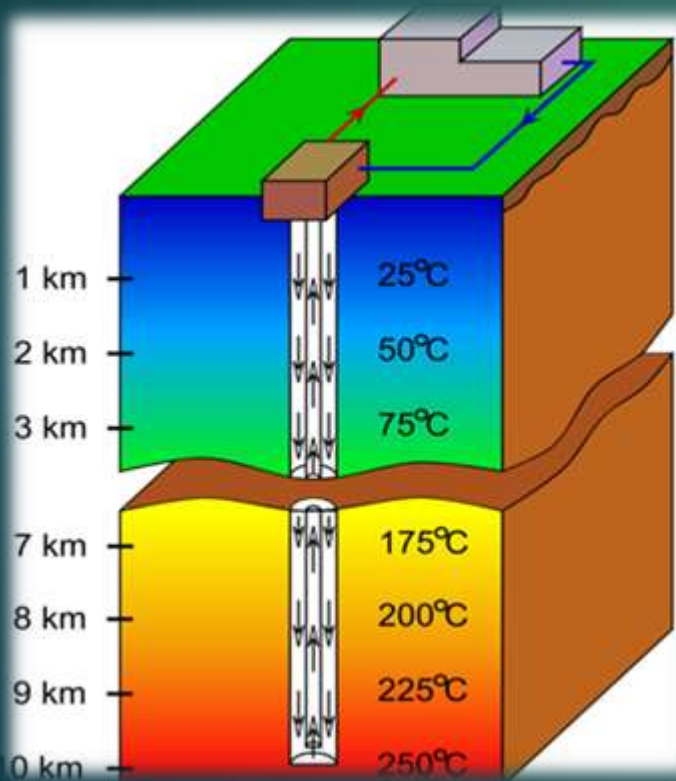
# Классификация геотермальных вод

## По температуре

Слаботермальные	до +40 °С
Термальные	от +40 до +60 °С
Высокотермальные	от +60 до +100 °С
Перегретые	более +100 °С

## По минерализации (сухой остаток)

ультрапресные	до 0,1 г/л
пресные	0,1—1,0 г/л
слабосоленоватые	1,0—3,0 г/л
сильносоленоватые	3,0—10,0 г/л
солёные	10,0—35,0 г/л
рассольные	более 35,0 г/л



При перемещении в направлении к центру Земли температура в верхних слоях земной коры возрастает на 1 °С на каждые 100 м (геотермическая ступень). В более древних слоях геотермическая ступень меньше средней величины, в молодых изверженных породах она превышает среднее значение.



# Классификация геотермальных вод

## По общей жёсткости

очень мягкие	до 1,2 мг-экв/л
мягкие	1,2—2,8 мг-экв/л
средние	2,8—5,7 мг-экв/л
жёсткие	5,7—11,7 мг-экв/л
очень жёсткие	более 11,7 мг-экв/л

## По кислотности, pH

сильнокислые	до 3,5
кислые	3,5—5,5
слабокислые	5,5—6,8
<b>нейтральные</b>	<b>6,8—7,2</b>
слабощелочные	7,2—8,5
щелочные	более 8,5





# Классификация геотермальных вод

## По газовому составу

сероводородные

сероводородно-углекислые

углекислые

азотно-углекислые

метановые

азотно-метановые

азотные

## По газонасыщенности

слабая до 100 мг/л

средняя 100—1000 мг/л

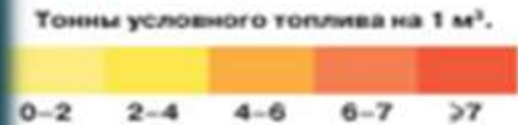
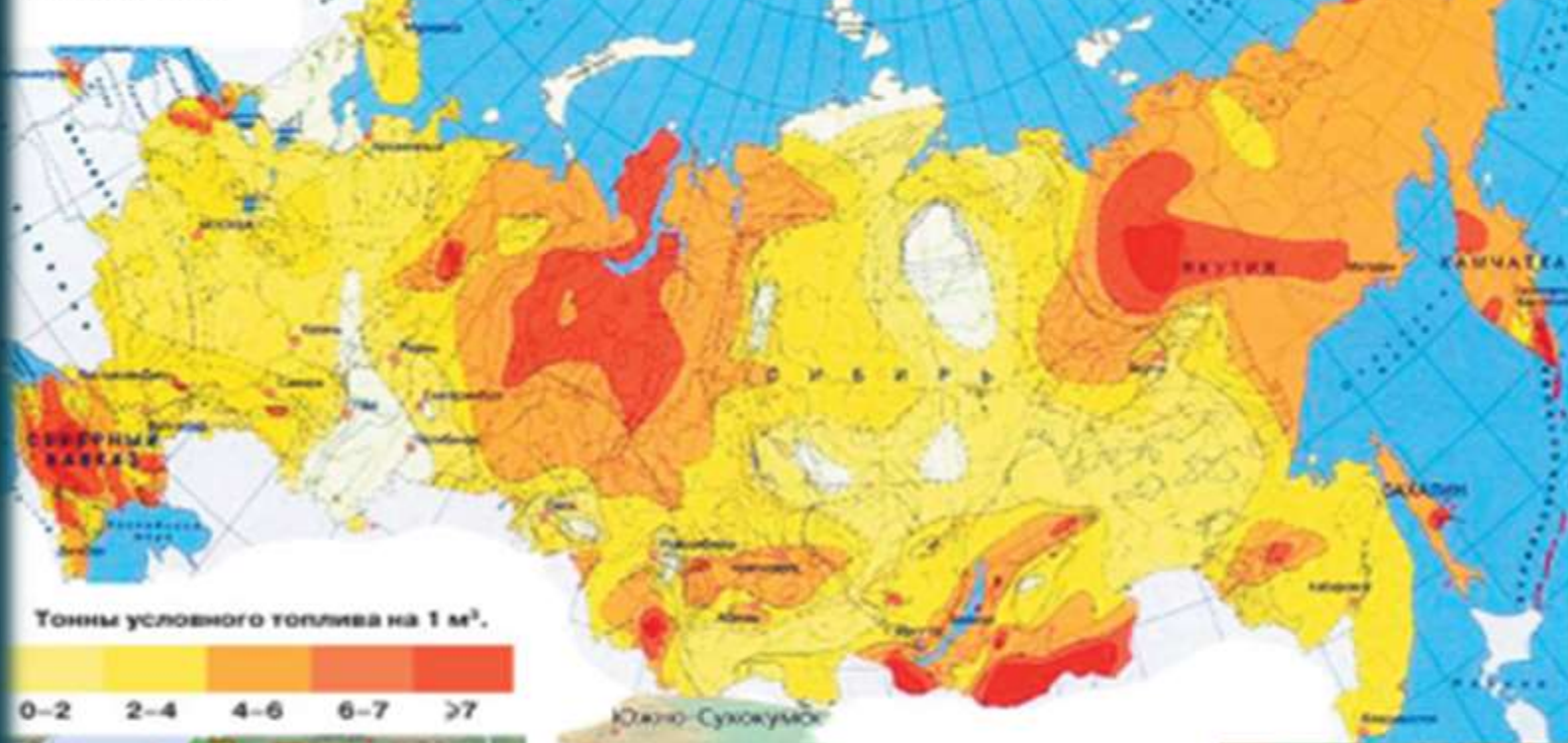
высокая более 1000 мг/л



10/11



Прогнозные ресурсы геотермальной энергии для теплоснабжения.



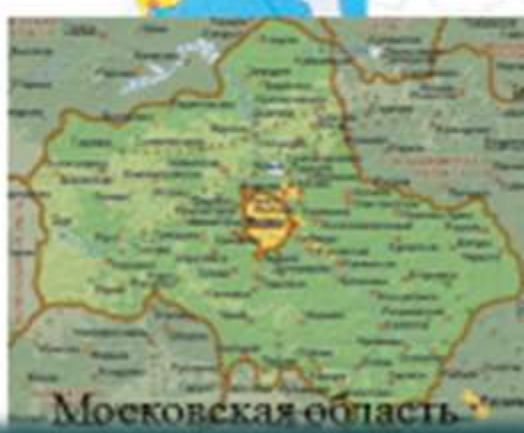
Тюменская область



Краснодарский край



Республика Дагестан



Московская область

Омская область



Омская область

# Ресурсосберегающая геотермальная вода для аквакультуры

Преимущества

Геотермальная вода

- ▶ Практическая неиссякаемость термальных вод
- ▶ Независимость от условий окружающей среды, времени года и суток
- ▶ Постоянный химический состав
- ▶ Высокотемпературные воды можно использовать для теплоснабжения





# Ресурсосберегающая геотермальная вода для аквакультуры

## Преимущества

## Геотермальная вода

- ▶ Отсутствие тяжелых металлов, ртути, нефтяного и других типов загрязнения, имеющих в речной воде
- ▶ Отсутствие патогенных микроорганизмов
- ▶ Незначительная соленость воды ускоряет рост рыбы
- ▶ Солевые ванны являются лечебно-профилактическим средством при заражении рыбы эктопаразитами (*Argulus*, *Trichodina*, *Diplostoma* и др.)
- ▶ Чистая геотермальная вода может быть использована как солевой раствор для получения науплиусов или культивирования рачков артемии
- ▶ Термальная вода поступает на поверхность самотеком – экономия электроэнергии
- ▶ Возможность использования повышенной температуры воды (35-37°C) в зимний период времени.

Недостатки

Геотермальная  
вода



- Повышенная суммарная минерализация;
- Высокое содержание ионов аммония (до 3 мг/л), натрия, калия, хлоридов, сульфатов;
- **Отсутствие** растворенного кислорода (0,5 %)
- Сопутствующие газы – метан (66,5%), азот (30,85%), углекислый газ (1,81%), водород (0,9%), гелий (0,4%)
- Геотермальную воду **нельзя** использовать для инкубации икры, выдерживания и подращивания личинок пресноводных видов рыб



# Химический состав геотермальной воды, применяемой для рыбоводства



Показатели	Ед. изм.	Значения				
		1981	2000-2001	2003-2008	2010-2015	ПДК
рН	unit рН	7,5-8,2	7,69	7,85	7,94	<7, >8
Бикарбонаты HCO <sub>3</sub>	mg/l	409,0	463,5	408,8	485,1	488
Ионы аммония	mgN/l	1,0-2,3	1,62	1,68	1,54	0,8
Нитриты NaNO <sub>2</sub>	mgN/l	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,1
Нитраты NO <sub>3</sub>	mgN/l	0,22	0,43	0,05	<0,1	1,0
Железо Fe	mg/l	0,14	0,22	0,43	0,29	1,0
Фосфор	mg/l	0,06	0,15	0,06	0,09	0,3
Жесткость воды	mmol/l	2,9-5,6	2,8	2,9	3,38	6,0-8,0
Кальций	mg/l	32-40	37,1	38,08	38,08	180
Магний	mg/l	13,1	11,55	12,16	17,94	40
Хлориды	mg/l	2272	1987,6	2063,7	2206,8	50
Сульфаты SO <sub>4</sub>	mg/l	28,8	53,7	123,2	110,9	50
Натрий и калий	mg/l	1357	1450,5	1550	1659	170
Сумма ионов	mg/l	4230	4540	4205	4518	900

# Показатели геотермальной воды, применяемой для рыбоводства (Тюменская, Омская обл.)

- ▶ Глубина 1000-1200 м,
- ▶ слаботермальные - температура 37-40 °C ;
- ▶ дебит самоизлива – 60-150 л/с,
- ▶ солоноватые - минерализация 4-7 г/л,
- ▶ мягкие (1,2-2,8 мг-экв/л) или средне-жесткие (2,8-5,7 мг-экв/л),
- ▶ по кислотности нейтральные (6,8-7,2 ед.),
- ▶ хлоридно-натриевые
- ▶ йодо-бромные термы





# Историческая справка геотермального рыбководства

- **1954 г.** – работы Т. Танаки (Япония) Первым источником для рыбководства стал ручей вулканической природы. В ручей установили два деревянных садка площадью 62 м<sup>2</sup>. Было выращено 8,5 т карпа.
- **1955-56 гг.** – Грибанов Л.В. (прудовое карповодство), Московская обл.
- **С 1967- 1970 гг.** Широкольский рыбозавод (сейчас рыбокомбинат), Республика Дагестан (прудовое карповодство, осетроводство). Ген. директор – **Ахмеднаби Шайхулисламов**



# Геотермальное рыбоводство на юге Западной Сибири: хронология развития 1963-2018 гг.





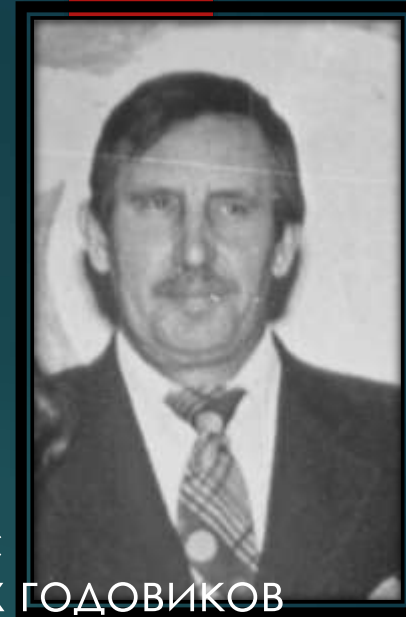
1963-1975 гг. - Пруды Омского  
СХИ:

зимовка карпа *Cyprinus carpio*  
*carpio*



# Рождественский Михаил Иванович 1982

## «Выращивание посадочного материала и производителей карпа в геотермальных водах Западной Сибири»

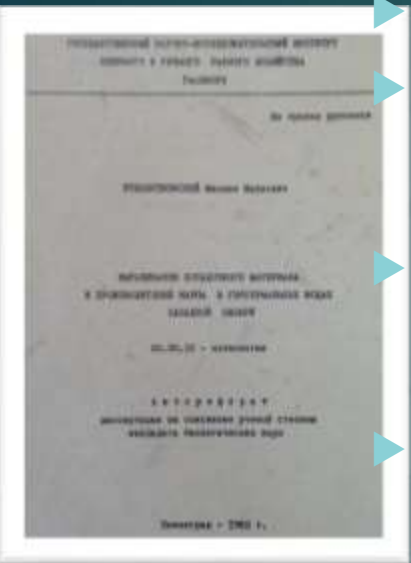


### Выводы, рекомендации:

- ▶ Впервые доказана возможность выращивания в бассейнах с геотермальной водой с температурой 26-33,6° половозрелых годовиков карпа и сазана и получения от них жизнестойкого потомства.
- ▶ Геотермальные воды Западной Сибири с минерализацией **до 5,8 г/л** не оказывают отрицательного влияния на икру, личинок и взрослых особей карпа и амурского сазана
- ▶ Разработана схема получения посадочного материала карпа, включающая в себя круглогодичное выращивание производителей в бассейнах при температуре **25-30°С**, получение личинок заводским методом на месяц раньше сроков естественного нереста

В Западной Сибири на базе геотермальных вод целесообразно строить рыбопитомники общей производительностью **более 135 млн.** годовиков карпа, за счет которых в прудах и озерах можно получить не менее **30 тыс. т** товарной продукции.

- ▶ Глубину зимовальных прудов, снабжаемых геотермальной водой, можно уменьшить до 1,5 метров

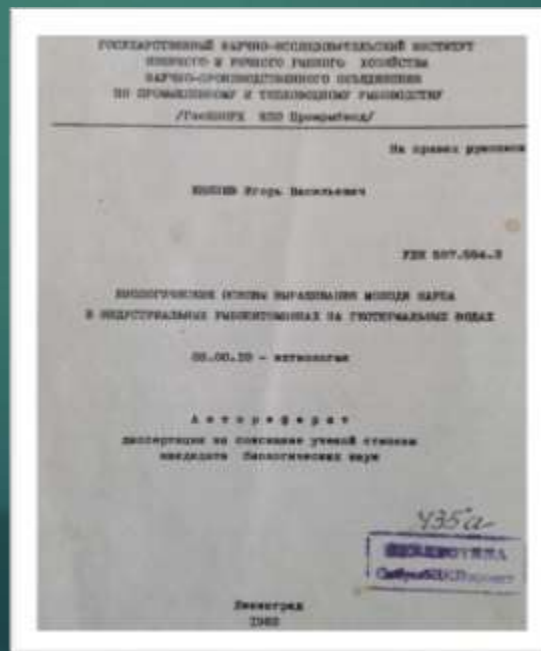




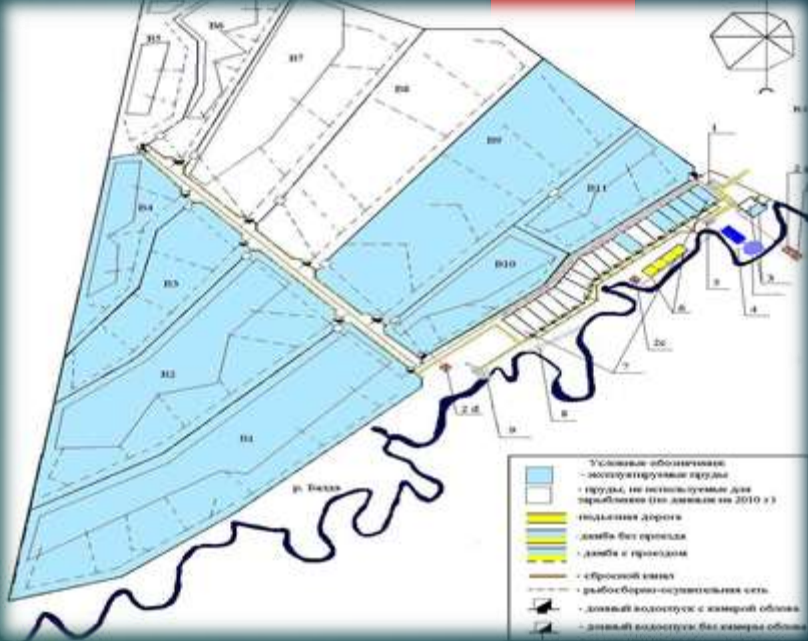
# Князев Игорь Васильевич, 1983

## Биологические основы выращивания молоди карпа в индустриальных рыбопитомниках на геотермальных водах

- Использование геотермальной воды дает возможность создавать благоприятные условия выращивания физиологически полноценного, свободного от паразитов посадочного материала
- при процессе обесклеивания икры геотермальную воду использовать **нецелесообразно** вследствие повышенной клейкости в ней икринок
- интенсивность потребления кислорода, обеспечивающего высокую скорость роста сеголеток, при 29 ° С выражается уравнением:  $ИПК = 1,25 \times 0,875W^{0,91 \pm 0,02}$  мг/экз.ч.



# Тюменский рыбопитомник; подача геотермальной воды в зимовальный пруд





# Пруды Тюменского рыбопитомника с геотермальным водоснабжением



# Литвиненко Александр Иванович, 1990, «Особенности подращивания молоди карпа и растительноядных рыб в интенсивно эксплуатируемых прудах с геотермальным водоснабжением»



- Впервые изучены развитие и акклимация личинок **растительноядных рыб** в геотермальной воды, определен **уровень их стандартного обмена**;
- исследована динамика изменения калорийности тела молоди в процессе подращивания;
- разработана **технология совместного и раздельного подращивания молоди карпа и растительноядных рыб**: раннее залитие и удобрение водоемов, повышенная плотность посадки личинок; круглосуточное кормление стартовыми кормами





**Литвиненко Людмила Ильинична, 1992,**

## **«Особенности развития фитопланктона в рыбоводных прудах с геотермальным водоснабжением»**

-Впервые проведено **комплексное** исследование **фитопланктона** прудов с геотермальным водоснабжением: изучение влияния воды на видовой, размерный, экологический и структурный состав водорослей; определение особенностей количественного развития и функционирования альгоценозов прудов;

- установлено, что подача в пруды геотермальной воды, содержащей биогены, позволяет **отказаться от внесения минеральных удобрений**;

- разработан **способ регулирования плотности водорослей** в прудах за счет подачи воды и создания проточности ;

- показана возможность использования воды **для культивирования массовых видов водорослей**



# Певнев Иван Гаврилович, 2000, Учхоз 2, Омск, СХИ «Технологические особенности выращивания рыбопосадочного материала карпа с использованием геотермальной воды»

Обобщены результаты тридцатилетних исследований по биотехнологии производства молоди сарбоянского карпа с использованием геотермальной воды - от формирования маточного стада до воспроизводства;

Впервые установлен оптимальный водообмен в зимовальных прудах - **до 80-100 суток.**

## Экономические показатели:

Себестоимость производства годовиков в прудах с геотермальным водоснабжением меньше в **2,14** раза





**Тетдоев Владимир Владимирович, 2009**

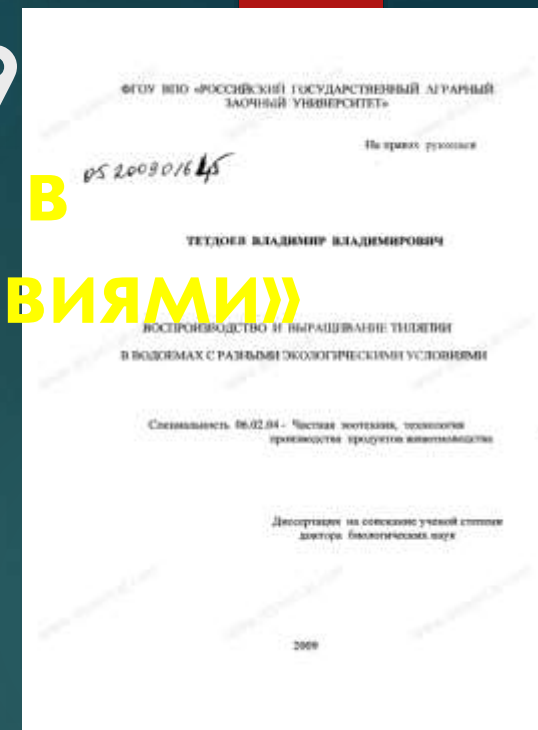
# **«Воспроизводство и выращивание тиляпии в водоёмах с разными экологическими условиями»**

Успешное разведение и выращивание тиляпии возможно в промышленных рыбоводных хозяйствах, использующих естественные и технические теплые воды: рыбоводных системах с замкнутым циклом водоиспользования; прудах, снабжаемых геотермальной водой

Снижение температуры геотермальной воды в зимние месяцы (до 10-15°C) определяет технологию выращивания рыбы: сокращается до 6-7 месяцев период эффективного выращивания товарной рыбы, маточное поголовье нуждается в переводе в теплое, закрытое помещение. Проведение воспроизводства рыбы в зимние месяцы позволяет получать и подращивать молодь для летнего выращивания товарной рыбы.

**Сульфатно-натриевые воды**

**Мостовского месторождения (2002-2009)**



**Чепуркина Марина Александровна, 2010,**

**«Сохранение биоресурсов осетровых видов рыб Обь-Иртышского бассейна путем искусственного воспроизводства с использованием геотермальных вод»**



В результате комплексных исследований разработаны основные биотехнические приемы **ускоренного формирования маточных стад обского осетра и иртышской стерляди с использованием геотермальной воды** как среды обитания осетровых. Дана **оценка жизнестойкости маточных стад**, выращенных в бассейнах с теплой подземной водой. Данная биотехнология позволяет рационально и эффективно использовать естественные геотермальные водные ресурсы в индустриальном осетроводстве

НИР выполнена в рамках федеральных тем: "Разработать технологию формирования маточного стада сибирского осетра с использованием геотермальной воды» (1998-2001 гг.), «Проведение разработок новых технологий и нормативов, направленных на увеличение запасов водных биоресурсов, формирование маточных стад редких и исчезающих рыб и повышение эффективности работы рыбоводных предприятий ФГУП «Госрыбцентр», (2002-2004 гг., 2005-2009).





# Геотермальная аквакультура: рыбхоз «Пышма», СибрыбНИИпроект

**1969-1975–**

бестер, карп

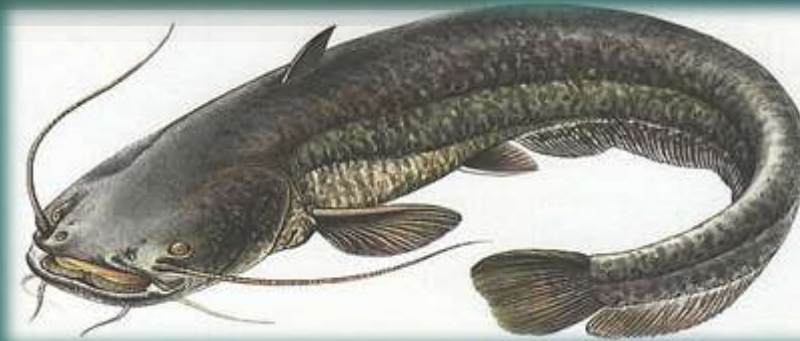
**1976-1991–** карп

большеротый

буффало – *Ictiobus*  
*suprinellus*,

Канальный сом –  
*Ictalurus nebulosus*

**1980-1991** *Coregonus*  
*peled*, *C. nasus*



**ТРП: 1983-2002 гг.** три вида  
растительноядных рыб:

- **Пестрый толстолобик**

*Aristichthys nobilis*

- **Белый толстолобик**

*Hypophthalmichthys molitrix*

- **Белый амур**

*Stenopharyngodon idella*



Белый Амур (лат. *Stenopharyngodon idella*)







Общество с ограниченной  
ответственностью  
"Пышма-96"  
Цех №2  
- Готовой продукции  
- Товарного рыбоводства



2000 г.

**Мощность** – ИВ: 2-3 млн экз. молоди  
сибирского осетра массой 3 г;  
**Сибирский осетр** – РМС 600 экз. Пищевая  
икра – 1,5-2 т  
Товарная рыба – 100 т  
Бассейны – 3 тыс. м<sup>2</sup>, лотки – 400 шт., пруды  
100 га





1996-2017

## Осетровые виды рыб:



- Сибирский осетр (обская популяция)  
*Acipenser baerii*,
- Сибирская стерлядь  
*A. Ruthenus marsiglii*,
- Камская стерлядь *A. ruthenus*
- Амурский осетр *A. schrenckii*,
- Севрюга *Acipenser stellatus*,
- Веслонос *Polyodon spathula*
- Бестер





**2010-2018 гг.**

**Пиленгас** *Mugil soiuu*

**Клариевый сомик** *Clarias gariepinus*,

**Тилapia** *Tilapia*, **Карп-Кои** *Carp-Koi*

**Форель радужная** *Salmo gairdneri irideus*

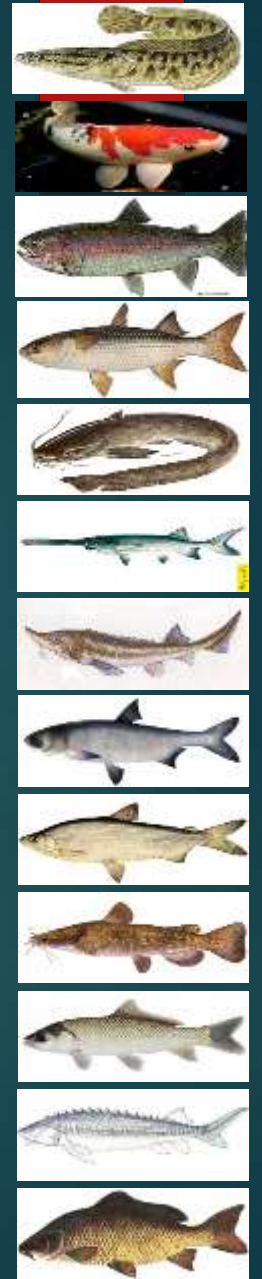
**Змееголов** *Ophiocephalus argus warpachowskii*





1

20



1954-1963

1964-1973

1974-1983

1984-1993

1994-2003

2004-2018

Общество с ограниченной  
ответственностью  
"Пышма-96"

Цех №2

- Готовой продукции
- Товарного рыбоводства

Получение рыболовной икры  
клариевого сома от маточного  
стада , РМС – 400 экз, ♀ - 150 экз, 500  
тыс. икринок – 110 тыс. молоди





ООО «Пышма-96», 2017 г.







Искусственное воспроизводство осетровых видов рыб на экспериментальном осетровом научно-производственном участке ФГБНУ «Госрыбцентр» (сибирский осетр – обская популяция; стерлядь – иртышская популяция)  
1996-1997 гг. – пруды; 1998-2017 гг. – бассейны





## Основные ресурсосберегающие технологии:

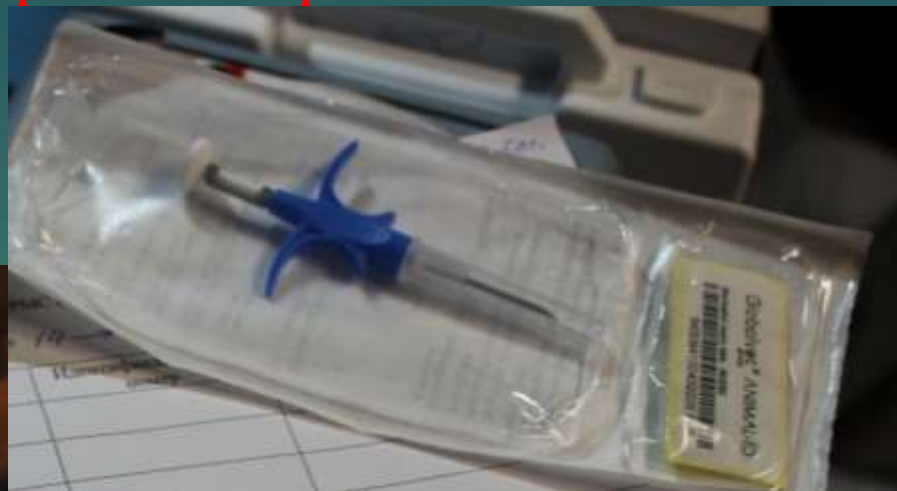
- \* использование геотермальных вод для выращивания товарной рыбы, формирования маточных стад, искусственного воспроизводства
- \* технология выращивания жизнестойкой молоди с использованием живых обогащенных кормов;
- \* долговременная транспортировка молоди осетра на естественные места нагула

# Биотехнологическая схема выращивания сибирского осетра и стерляди до товарной массы и для формирования маточных стад





# Индивидуальное чипирование ремонтно-маточного стада осетра



# Ранняя УЗИ-диагностика определения пола и стадий зрелости гонад сибирского осетра



Самка осетра, возраст 4 года





# Самец сибирского осетра, возраст 4 года



Геотермальная  
аквакультура

Сибирский осетр,  
возраст – 5 лет, 16 кг

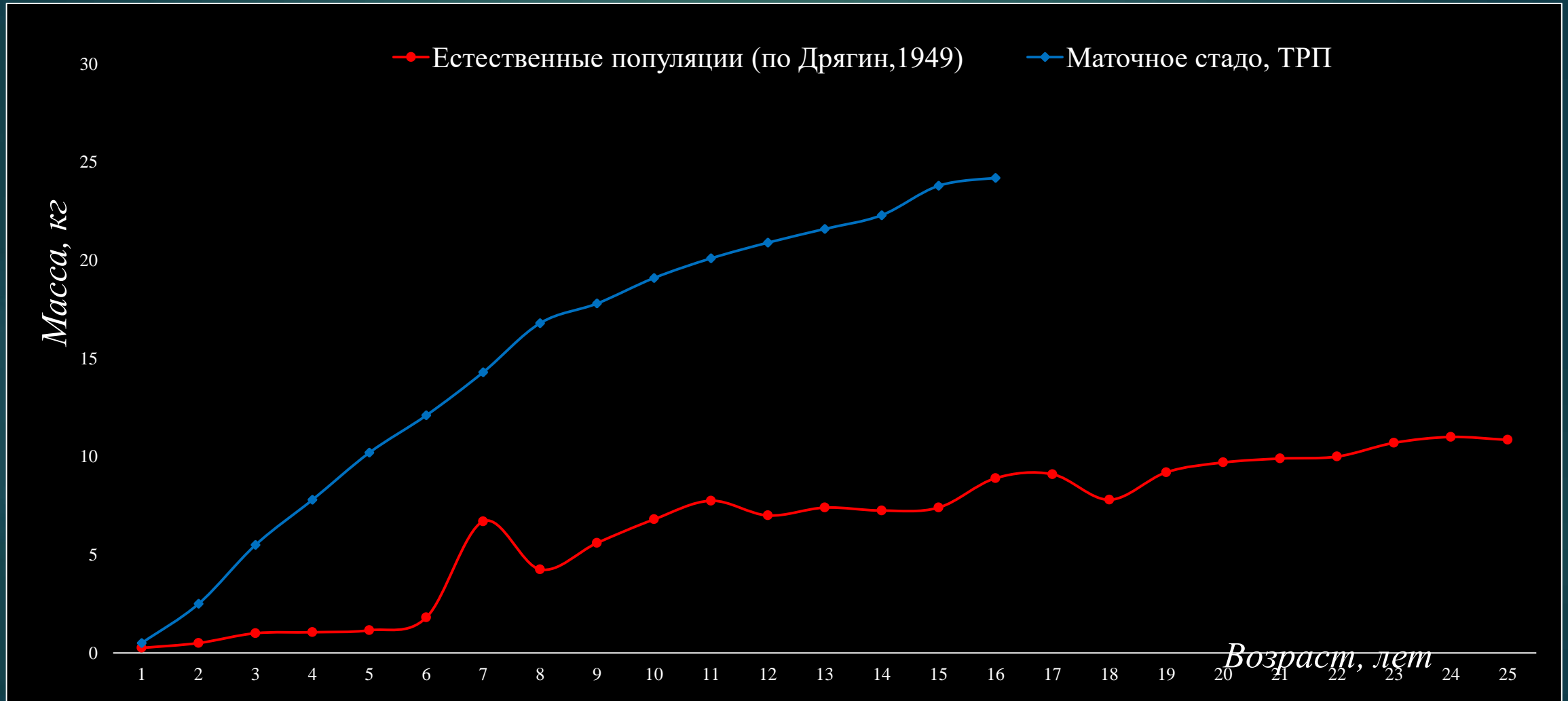


Иртышская стерлядь

Максимальный вес 4,65 кг; возраст – 5 лет



# Темпы весового роста (кг) сибирского осетра обской популяции в естественных и индустриальных условиях (экспериментальный участок ФГБНУ «Госрыбцентр», 2001-2017 гг.)

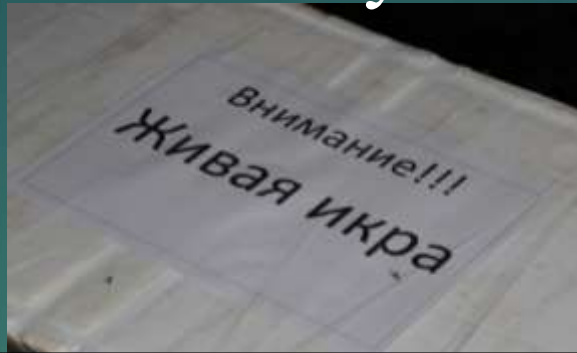


# Количество рыбоводной икры (тыс. экз.) и оплодотворяемость икры (%) у самок сибирского осетра и стерляди из маточных стад ФГБНУ «Госрыбцентр»





# Результаты работ по искусственному воспроизводству осетровых



**Организации, занимающиеся выпуском осетровых в естественные водоемы**

**ФГБУ «Главрыбвод», АЭРЗ**

ООО «Пышма-96», г. Тюмень

Югорский рыбозавод (ХМАО)

ООО «Собский рыбозавод»,

ООО «Новосибирский рыбзавод» и др.



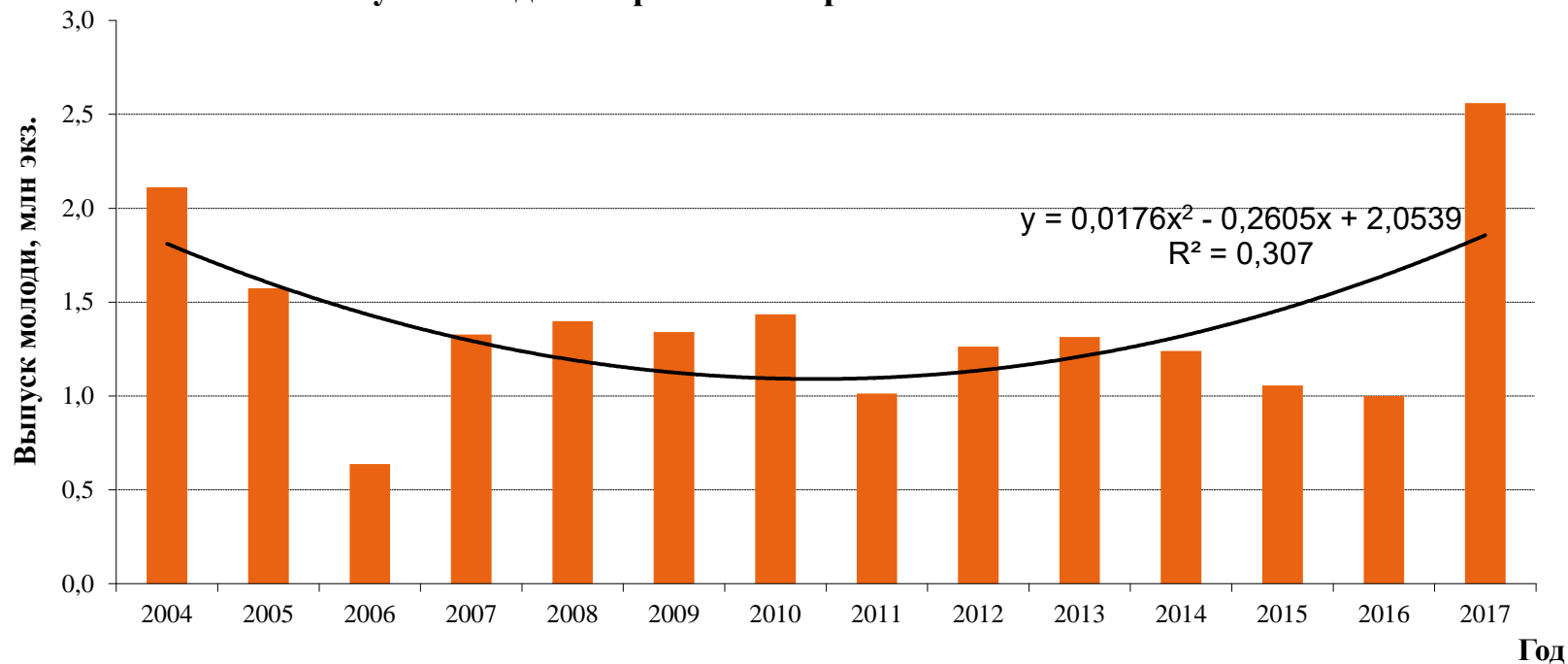


**Абалакский осетровый  
экспериментальный  
рыборазводный завод, 1976**  
Сибирский осетр – обская популяция  
Стерлядь – иртышская популяция  
Проектная мощность – 2,6 млн экз.  
сеголеток, масса 3 г (1984 г.)





## Выпуск молоди осетра в Обь-Иртышский бассейн

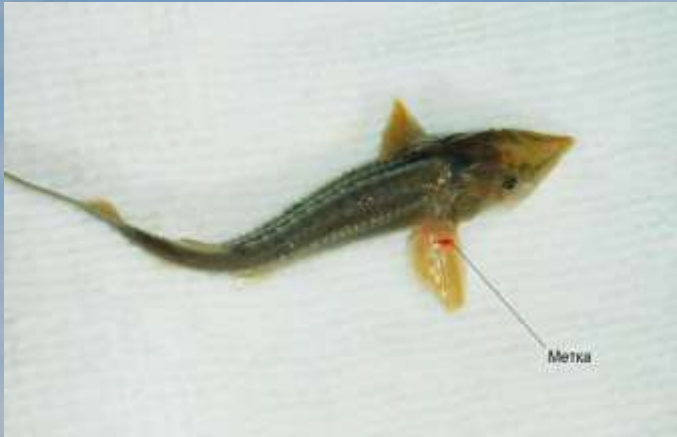


## Выпуск молоди сибирского осетра на АЭРЗ; 2004-2017 гг.



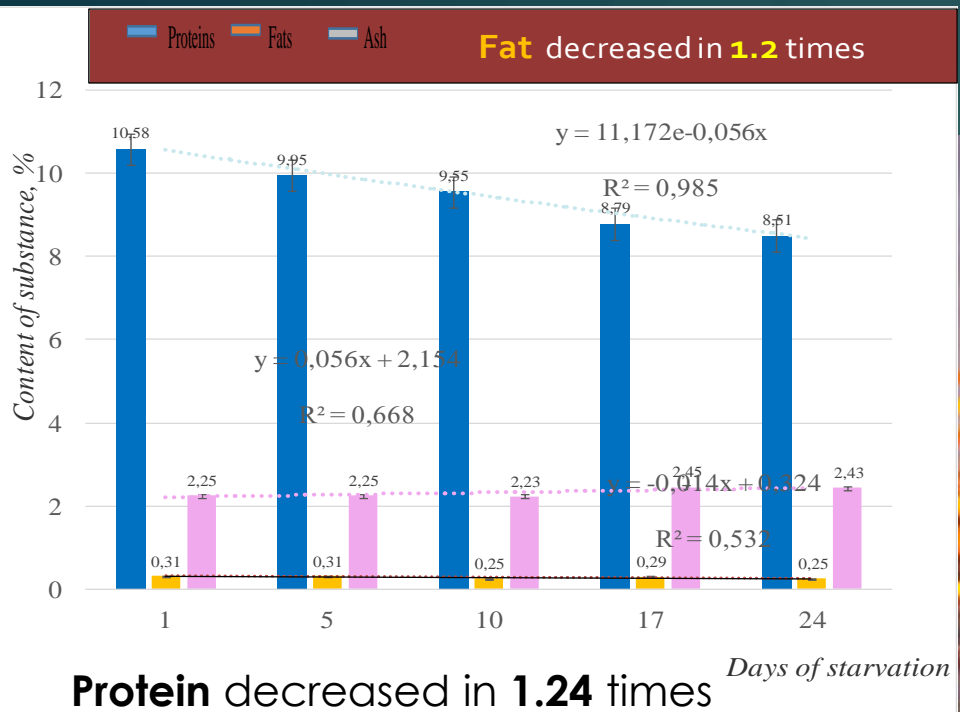


# Транспортировка молоди осетра на расстояние 1700 км от АОЭРЗ до устья р. Обь (2007)



Несамоходное живорыбное судно –НЖС-3

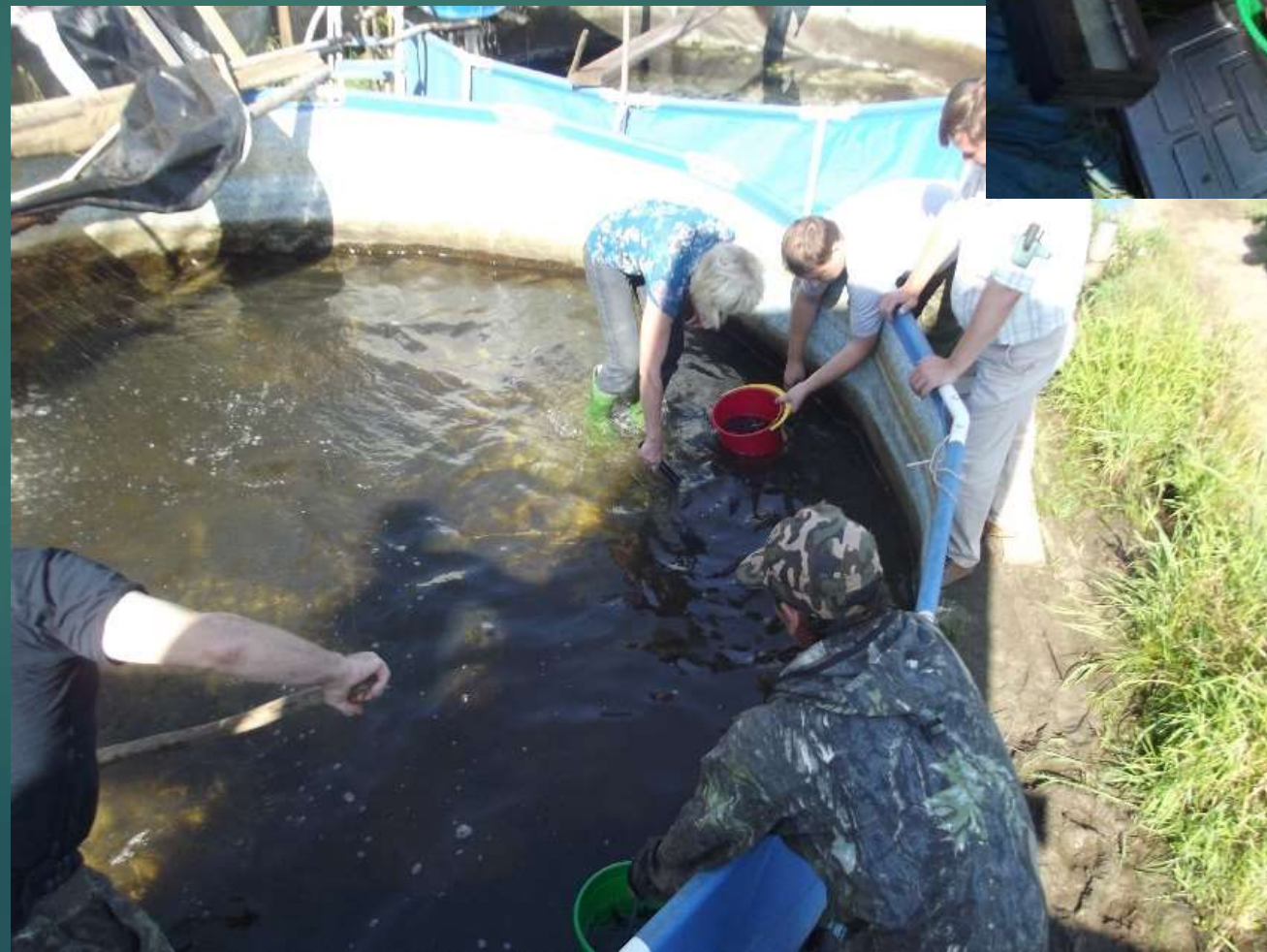






# Впервые выпуск молоди стерляди в р. Пышму осуществлен в 2016 г.

Показатель	Величина
Количество выпускаемой молоди, экз.	8781
Среднештучная навеска молоди, г	10,6





# Ханты-Мансийский национальный округ

АО «Югорский рыбноводный завод» - 2010-2011 гг.

**Мощность** – 2,5 млн экз. сеголеток сибирского осетра массой 3 г;

Сибирский осетр - обская популяция – РМС 270 экз.;

Стерлядь - иртышская популяция – РМС 500-600 экз.; ср. масса 400 г  
камская популяция – РМС 600 экз.; ср. масса 800 г

К 2022 г. – пищевая икра – 10,6 т, товарная рыба – 102 т,  
посадочный материал – 1,4 млн экз.





# Ямало-Ненецкий национальный округ

ООО «НПО «Собский рыбоводный завод» 2016 г.

Сибирский осетр (обская популяция), стерлядь (иртышская популяция) – 22 т РМС; бассейны – 214 шт., 3 тыс. м3



п. ХАРП, ПРИУРАЛЬСКИЙ РАЙОН  
ВЕСТИ ЯМАЛ





## ООО «Сибирский осётр» (2006г.)

Сибирский осётр (обская (МС – 30 экз.),  
ленская популяции)

Стерлядь (обская, камская популяции)

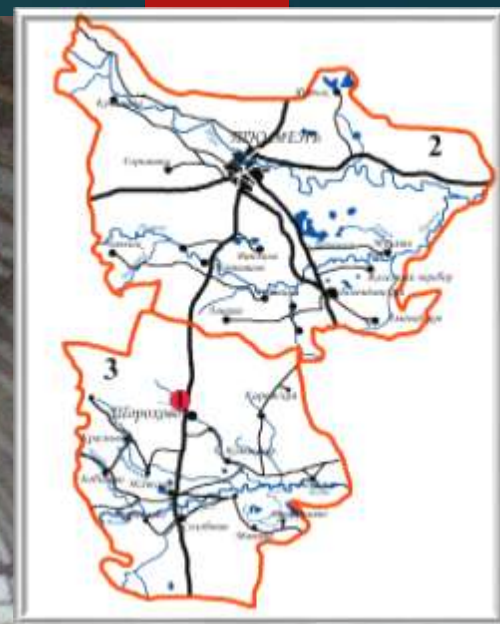
Гибриды: Белуга x стерлядь,

ленский осётр x калуга,

ср. масса – 28 кг, возраст – 4 года

**Мощность:** Пищевая икра – 1 т (ч/з 3-4 года)

В наст. время – 200-350 кг





## Ассоциация «Оцелот» (2017 г.) Рыбоводный цех по выращиванию молоди стерляди (иртышская популяция)

Планируемая мощность – 3,1 млн экз.,  
масса - 1,5 г



## Племенной центр холодноводного рыбоводства на оз. Волково (???)

Планируется выращивание товарной стерляди  
(масса 500 г), мощность - 57 т



Ультразвуковая диагностика осетровых для определения стадий зрелости гонад и получение  
рыбоводной икры (ООО «Пышма-96», 2015 г., Рефтинский рыбхоз, 2015 г., крестьянское хозяйство  
«Ардагым», 2015 г., Томский рыболовный комплекс, 2015-2016 гг.)







**Искусственное воспроизводство русского и атлантического осетров в  
Республиках Чехия (2013-2014) и Польша (2011)**





Искусственное  
воспроизводство  
стерляди-альбиноса  
на УЗВ в Германии



2009-2012



# Королевство Таиланд



Искусственное воспроизводство сибирского осетра (ленская популяция), 2008-2014







Перспективность геотермального рыбоводства на юге Западной Сибири огромна. Только в районе г. Тюмени имеются 19 участков, водозаборы которых эксплуатируют воды готерив-барремского водоносного комплекса. В настоящее время действует Шороховский рыбоводный комплекс ООО «Сибирский осетр». Кроме того, готовится проектная документация для постройки рыбоводного цеха в Исетском районе, рыбоводных хозяйств в Курганской (с. Каргаполье) и Свердловской (г. Тавада) областях на основе установки замкнутого водоснабжения.



... В  
будущем  
???







### Construction of the Jurassic Salmon farm in figures:

Building dimensions - 75 x 103 m  
Earthwork volume - 46,000 m<sup>3</sup>  
Volume of delivered sand - 40,000 m<sup>3</sup>  
Volume of concrete used - 6,800 m<sup>3</sup>  
Amount of steel used - 340,000 kg  
Amount of blocks used - 31,200 pieces  
Length of power supply wiring - 25 km  
Length of technological wiring - 28 km

### Production parameters in numbers:

The production volume - 1,000 tons / year  
The total flow rate - 10500 m<sup>3</sup> / h  
The total feed consumption - 3610 kg / day  
Total consumption of oxygen - 1800 kg / day









# Спасибо за внимание!

