

Влияние электрической антикоррозионной защиты нефтепроводов на миграцию рыб

А. Г. КАРТАШЕВ, А. Г. ПРОХОРОВ, В. А. ПОХАРУКОВ

*Научно-исследовательский институт биологии и биофизики
при Томском государственном университете
634050, Томск, просп. Ленина, 36
E-mail: kartag@rambler.ru*

АННОТАЦИЯ

Изучали влияние постоянного электрического поля антикоррозионной защиты нефтепроводов, пересекающих Обь, на поведенческую реакцию рыб. На основании расчетных и приборных измерений показано, что напряженность электрического поля на уровне дна составляет 0,6 В/м, на глубине 2 м от поверхности – 0,4–0,1 В/м и распространяется на 50–100 м от нефтепровода. Установлено, что электрическое поле нефтепроводов снижает миграционную активность рыб, что приводит к увеличению их численности в секторе повышенной электрической напряженности.

Ключевые слова: электромагнитная биология, постоянное электрическое поле, поведенческая реакция рыб, миграционная активность.

Развитие нефтегазовой отрасли в Западной Сибири вызывает увеличение количества трубопроводов, пересекающих большие и малые реки. В связи с тем, что в Сибири используются, как правило, металлические конструкции трубопроводов, с целью снижения их аварийности используется электрическая антикоррозионная защита. На берегах реки устанавливаются электрические подстанции, создающие постоянное электрическое поле (6–40 В) на пересекающих реки трубопроводах. В научной литературе отсутствуют данные о характере влияния электрических полей антикоррозионной защиты нефтепроводов на миграционную активность рыб. Цель настоящей работы – исследовать эту проблему.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для проведения исследований разработана теоретическая модель пространственного

распределения напряженности постоянного электрического поля антикоррозионного электрического потенциала нефтепровода, пересекающего р. Обь в районе устья р. Томь.

С использованием высокоомного вольтметра и неполяризуемых электродов проведены замеры напряженности постоянного электрического поля по профилю, перпендикулярному нефтепроводу, на глубине 2 м от поверхности воды. В течение летнего сезона с использованием ставных сетей производились учетные отловы рыб в районе нефтепровода. Сети устанавливались перпендикулярно заглубленному в грунте нефтепроводу (опытные отловы). Контрольные отловы производились аналогичными ставными сетями в районе отсутствия электрического потенциала поля. Среднестатистические данные оценивались на основании не менее десяти уловов. В осенний период использовалось эхолотное зондирование пространственного распределения рыб в зависимости от значения напряженности электрического поля нефтепровода. В связи с тем,

Карташев Александр Георгиевич
Прохоров Анатолий Геннадьевич
Похаруков Владимир Александрович

что эхолотное зондирование не позволяет определить вид рыб, усредненные данные приведены по суммарному количеству рыбы.

Полученные данные обрабатывались статистическими методами с определением 95%-го доверительного интервала для средних значений.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для определения пространственных границ области, в которой необходимо производить измерения, а также диапазона возможных значений напряженности электрического поля используем следующую модель.

Рассмотрим бесконечный проводящий стержень радиусом r_0 в однородной среде с некоторым удельным сопротивлением. Второй электрод примем в виде бесконечной проводящей трубы радиусом r_1 , расположенной коаксиально по отношению к проводящему стержню. Тогда напряженность электрического поля вдоль радиуса r относительно центрального проводника в любой точке между электродами будет определяться следующим выражением:

$$E_{(r)} = U / (\ln(r_1/r_2) r),$$

где U – разность потенциалов между проводниками. Поскольку проводить измерения удобно на постоянной глубине относительно поверхности воды, то в рассматриваемой модели линия, вдоль которой проводятся измерения, будет хордой. Для напряженности поля в любой точке вдоль этой хорды будет справедливым выражение:

$$E_x = Ux / (\ln(r_1/r_2)(H^2 + x^2)),$$

где x – координата точки по горизонтали; H – наименьшее расстояние линии измерения (хорды) от центрального проводника.

Дифференцирование этого выражения позволяет вычислить координаты x_1 и x_2 , в которых модуль функции E принимает максимальное значение.

Получаем $x = H$, $x_2 = -H$. Значение $\ln(r_1/r_0)$ приближенно можно принять равным 7. Тогда $|E| = U \cdot H / (7 \cdot 2 \cdot H) = U / (14H)$.

Принимая, что обычно значение $U = 40$ В, получаем $|E| = 3/H$ В/м.

Как правило, поддонные трубопроводы прокладываются на глубине порядка 5 м под

дном. Поэтому в рамках рассмотренной модели можно считать, что у поверхности дна $|E| \leq 0,6$ В/м.

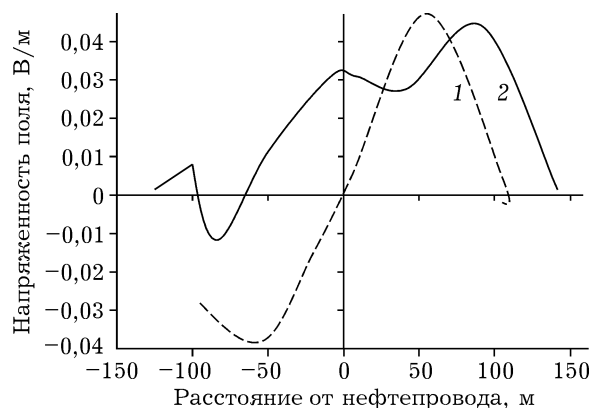
Рассмотренная модель позволяет оценить характер зависимости напряженности электрического поля от координаты точки измерения по горизонтали и вертикали и верхний предел максимальной величины напряженности поля.

Разумно предположить, что результаты реальных измерений будут тем ближе к модельным зависимостям, чем условия измерений будут ближе к принятым допущениям. В нашем случае это проведение измерений на максимально возможном удалении от поверхности воды, т. е. 2 м. Измерения проводились с борта лодки, свободно дрейфующей по течению вдоль берега. Поток речной воды в районе проведения измерений представлялся ламинарным, поэтому было решено не измерять непосредственно координаты X точки, а проводить замеры через равные интервалы времени (30 с). Скорость течения в области проведения измерений составляла 2,0...2,5 км/ч, т. е. 0,55...0,70 м/с. Для измерения использовались электроды из нержавеющей стали, расположенные на расстоянии 0,2 м перпендикулярно траектории залегания трубопровода и параллельно поверхности воды. Для устранения влияния возможной неидентичности электродов в каждой точке производилось два измерения, при которых электроды менялись местами. За результат принималась разность показаний. В качестве вольтметра использовался прибор сопротивлением не менее 10 МОм.

Анализ представленных на рисунке теоретических и измеренных пространственных распределений напряженностей постоянного электрического поля в районе пересечения нефтепроводом Оби позволяет заметить, что величина напряженности составляет 0,03–0,01 В/М и распространяется на расстоянии 50–100 м вверх и вниз по течению.

Результаты отлова рыб ставными сетями, представленные в табл. 1, позволяют заметить, что в 50-метровом секторе нефтепровода (опыт) попадаемость в сети различных видов рыб статистически достоверно превышает уловы аналогичного вида рыб в контрольных условиях.

Последующие учеты местонахождения рыб, проведенные с использованием эколо-



Расчетные (1) и реальные (2) значения напряженности постоянного электрического поля в районе исследуемого нефтепровода

та типа HUMMINBIRD в зависимости от напряженности электрического поля и представленные в табл. 2, также выявили увеличение численности рыб в придонных секторах с повышенной напряженностью постоянного электрического поля, генерируемого нефтепроводом.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно считать, что катодная защита нефтепроводов, пересекающих Обь, создает постоянное электрическое поле в сотни милливольт на расстоянии 50–100 м вверх и вниз по течению от нефтепровода, приводящее к увеличению количества различных видов рыб вблизи нефтепровода и, вероятно, снижающее их миграционную активность.

Следовательно, постоянное электрическое поле антикоррозионной защиты трубопрово-

Т а б л и ц а 1
Среднестатистические данные уловов различного вида рыб в районе пролегания нефтепровода

| Виды рыб | Контроль | Опыт |
|----------|----------|----------|
| Елец | 74 ± 10 | 120 ± 13 |
| Окунь | 52 ± 8 | 60 ± 4 |
| Лещ | 19 ± 4 | 40 ± 10 |
| Судак | 12 ± 2 | 18 ± 3 |
| Ерш | 16 ± 4 | 37 ± 8 |
| Стерлядь | 6 ± 2 | 15 ± 3 |

Т а б л и ц а 2
Среднестатистические результаты численности рыб в зависимости от величины напряженности электрического поля антикоррозионной защиты нефтепровода по данным эхолотных учетов

| Напряженность электрического поля, В/м | Контроль | Опыт |
|--|----------|--------|
| 0,01 | 5 ± 2 | 12 ± 2 |
| 0,02 | 4 ± 1 | 25 ± 3 |
| 0,03 | 7 ± 2 | 26 ± 2 |

дов, пересекающих р. Обь и другие малые реки, можно рассматривать в качестве специфического электрического заградителя, препятствующего естественной миграционной активности. Снижение и изменение миграционного поведения рыб бассейна Оби, возможно, отрицательно сказывается на эффективности размножения наиболее ценных пород, численность которых сокращается.

Effect of Electric Anticorrosive Protection of Oil Pipelines on Fish Migration

A. G. KARTASHEV, A. G. PROKHOROV, V. A. POKHARUKOV

*Research Institute of Biology and Biophysics at the Tomsk State University
634050, Tomsk, Lenin ave., 36
E-mail: kartag@rambler.ru*

Effect of the static electric field of the anticorrosive protection of oil pipelines crossing the Ob on the behavioral response of fish was investigated. It is shown on the basis of calculations and measurements that the electric field strength at the level of the bottom is 0,6 V/m, at a depth of 2 m from the surface it is 0,4–0,1 V/m and spreads at a distance of 50–100 m from the oil pipeline. It is established that the electric field of oil pipelines decreases the migration activity of fish, which causes an increase in fish number in the sector of increased electric field strength.

Key words: electromagnetic biology, static electric field, behavioral response of fish, migration activity.